Ueber den Bau der beblätterten Zweige der Cupressineen.

Inaugural-Dissertation

zur

Erlangung der philosophischen Doctorwürde

der

philosophischen Facultät

der

Universität Leipzig

vorgelegt

von

Paul Klemm.

Berlin.
Druck von G. Bernstein.
1886.

Separat-Abdruck

aus

Pringsheim's Jahrbüchern für wissenschaftliche Botanik.

Bd. XVII. Heft 3.

Vita.

Verfasser dieser Arbeit, Paul Martin Klemm, ist geboren am 19. April 1862 zu Grosshennersdorf bei Herrnhut als Sohn des Diakonus Johann Gottlob Klemm, späteren Pastors in Gottleuba. An letzterem Orte besuchte er die Stadtschule und wurde von seinem Vater in den Anfangsgründen der Sprachen und der Mathematik unterrichtet. Ostern 1875 wurde er in die Quarta des Realgymnasiums zu Dresden-Neustadt aufgenommen. Nach bestandener Reifeprüfung, Ostern 1881, bezog er die Universität Leipzig, um Naturwissenschaften zu studiren; er hörte während seiner Studienzeit Vorlesungen der Herren Professoren DDr. Carus, Credner, Hankel, Kolbe, Leuckart, Schenk, Wiedemann, Wundt, Zirkel, sowie der Herren Privatdocenten DDr. Ambronn, Chun und Fischer. Auch arbeitete er im botanischen Laboratorium des Herrn Professor Dr. Schenk, im chemischen des Herrn Professor Dr. Knop, im mineralogischen des Herrn Professor Dr. Zirkel, sowie im zoologischen des Herrn Professor Dr. Leuckart und besuchte, um sich im Freihandzeichnen auszubilden, eine Reihe von Semestern die hiesige unter Leitung des Herrn Professor Dr. Nieper stehende königl. Kunstakademie.

Gern ergreift Verfasser die Gelegenheit, allen diesen seinen verehrten Lehrern seinen Dank auszusprechen, ganz besonders Herrn Geheimrath Professor Dr. Schenk für die Bereitwilligkeit, mit welcher ihm Untersuchungsmaterial und Literatur zur Verfügung gestellt und mancher werthvolle Rath ertheilt wurde.

Ueber den Bau der beblätterten Zweige der Cupressineen.

Hierzu Tafel XXVIII—XXXI.

Benutzte Literatur.

1. De Bary, Vergleichende Anatomie.
2. „ , Ueber die Wachsüberzüge der Epidermis. Bot. Ztg. 1871.
3. Bertrand, Anatomie des Gnétacées et Conifères. Ann. d. sc. nat. Bot. Tome XX.
4. De Candolle, Prodromus. Pars XVI, sectio posterior, p. 442 ff.
5. Frank, Ein Beitrag zur Kenntniss der Gefässbündel. Bot. Ztg. 1864.
6. „ , Ueber den Einfluss des Lichtes auf den bilateralen Bau der symmetrischen Zweige von Thuya occidentalis. Prgsh. Jahrb. Bd. IX.
7. G. Haberlandt, Vgl. Anatomie des assimilatorischen Gewebesystems der Pflanzen. Prgsh. Jahrb. Bd. XIII.
8. „ , Physiologische Pflanzenanatomie. Leipzig 1884.
9. Hildebrand, Der Bau der Coniferenspaltöffnungen und einige Bemerkungen über die Vertheilung derselben. Bot. Ztg. 1860.
10. v. Mohl, Morphol. Betrachtung der Blätter v. Sciadopytis. Bot. Ztg. 1871.
11. „ , Ueber die Symmetrie der Pflanzen. Verm. Schr. p. 12 ff.
12. Scheit, Die Tracheidensäume der Blattbündel der Coniferen. Diss. Jena 1883, Zeitschr. f. Naturw. XVI. N. F. Bd. IX.
13. Schwendener, Ueber Bau und Mechanik der Spaltöffnungen. Monatsber. d. kgl. Akad. d. W. zu Berlin, Juli 1881.

14. Solms-Laubach, Ueber einige geformte Vorkommnisse oxalsauren Kalkes in lebenden Zellmembranen. Bot. Ztg. 1871.
15. Thomas, Zur vergl. Anatomie der Coniferen-Laubblätter. Prgsh. Jahrb. Bd. IV.
16. Tschirch, Ueber einige Beziehungen des anat. Baues der Assimilationsorg. z. Klima u. Standort. Linnaea. N. F. Bd. IX.
17. K. Wilhelm, Ueber eine Eigenthümlichkeit der Spaltöffnungen bei den Coniferen. Berichte d. deutsch. bot. Gesellschaft. 1883. Heft 7.
18. Zimmermann, Ueber das Transfusionsgewebe. Flora 1880, No. 1.
19. Zuccarini, Beiträge zur Morphologie der Coniferen. Abh. der königl. bair. Akademie 1843.

In vorliegender Arbeit soll die Anatomie der beblätterten Zweige der Cupressineen eine monographische Behandlung erfahren.

Bezüglich der Umgrenzung der Familie der Cupressineen habe ich mich an Parlatore gehalten, wie er dieselbe in De Candolle's Prodromus[1]) aufgestellt. Ausser den von ihm als Glieder dieser Familie angeführten Gattungen habe ich jedoch noch Widdringtonia in den Bereich der Untersuchungen gezogen, da diese Gattung mir mindestens ebensoviel mit den Cupressineen gemein zu haben scheint, wie mit den Taxodineen, zu denen Parlatore dieselbe stellt. Auch wird sie wohl von den meisten Botanikern mit zu den Cupressineen gerechnet, ja von Saporta[2]) für eine noch lebende Form der Cupressineen der Vorzeit gehalten. Auch der anatomische Charakter verbietet, wie wir noch näher zu erörtern haben werden, eine Vereinigung mit den Cupressineen nicht.

Von den von Parlatore aufgeführten Gattungen musste ich nur Diselma Hook. fil. — aus Mangel an Material — unberücksichtigt lassen.

Die Arten, welche mir als Untersuchungsmaterial dienten, zähle ich nachstehend auf, zugleich unter Angabe des Ortes der Herkunft und bei den in ihrer Heimath gesammelten, wenn möglich, auch des

1) l. c. p. 444.
2) Palaeontologie française, Tome III.

Sammlers, da dies Anhaltspunkte zur Beurtheilung des Werthes des Materials bieten dürfte.

Um nur zuverlässiges Material zu benutzen, habe ich die Namen der mir zu Gebote stehenden Exemplare einer sorgfältigen Kritik unterzogen, solche, deren Name nicht mit Sicherheit zu ermitteln war, von der Untersuchung ausgeschlossen.

Untersucht wurden:

I. Actinostrobus pyramidalis Miqu. — Australia occid. — L. Preiss.

II. Biota orientalis Endl.
   1. Japonia. — Oldham.
   2. Africa australis. — Gueinzius.
   3. Hort. Lips.

III. Callitris quadrivalvis Vent.
   1. Plateau de Gebel Santo. — Debaux.
   2. Hort. Lips.

IV. Chamaecyparis.
   a) Lawsoniana Parl. — Hort. Lips.
   b) nutkaënsis Spach.
      1. Base of Mt. Hood. — Th. Howell.
      2. Hort. Lips.
   c) pisifera Sieb. et Zucc.
      1. Japonia. — F. Göring.
      2. Hort. Lips.
   d) sphaeroidea Spach. — Hort. Lips.

V. Cupressus.
   a) Benthami Endl. — Mexiko.
   b) funebris Endl.
      1. Hort. Neap.
      2. Hort. Lips.
   c) glauca Lam.
      1. Hort. Neap.
      2. Hort. Lips.
   d) Goveniana Gord. — Santa Cruz. — M. Jones.
   e) Lindleyi Klotzsch. — Mexiko.

f) macrocarpa Hartw. — Hort. Neap.

g) sempervirens Linn.

1. Hort. Neap.
2. Hort. Lips.

VI. Fitzroya patagonica Hook. fil. — Coronel, Chile. — Ochsenius.

VII. Frenela.

a) Gunnii Endl.

1. Nova Hollandia. — Buchinger.
2. Hort. Lips.

b) rhomboidea Endl.

1. Nova Hollandia.
2. Hort. Lips.

c) robusta Allan Cunningh.

1. Australia occid. — Preiss.
2. Adelaide. — Behr.
3. Hort. Lips.

VIII. Juniperus. Sectio I. Oxycedrus.

a) cedrus Webb. — Palma. — Bourgeau.

b) communis Linn.

1. Als J. nana. — Kötschachthal.
2. Als J. alpina. — Alpen.
3. Hort. Lips.

c) drupacea Labill. — Monte Malevo. — Heldreich.

d) macrocarpa Sibth. — Algier. — Debaux.

e) rigida Sieb. et Zucc. — Japan.

Sectio II. Sabina.

a) excelsa Bieb. — Karabach. — Hohenacker.

b) flaccida Schlecht. — Mexiko.

c) foetidissima Willd. — Karabach. — Hohenacker.

d) occidentalis Hook. — Soda-Springs. — E. Jones.

e) Phoenicea Linn.

1. Sardinien. — Reverchon.
2. Pentelikos. — Boissier.

f) procera Hochst. — Agame, Abessinien. — Schimper.

g) sabina Linn.
1. Fassathal. — Dr. Facchini.
2. Hort. Lips.
h) virginiana Linn. — Hort. Lips.

IX. Libocedrus.
a) chilensis Endl.
1. Chili austr., Andes de Antuco. — Pöppig.
2. Hort. Lips.
b) decurrens Torr.
1. Douglas County, Oregon. — Howell.
2. Soda-springs, Nevada. — Jones.
3. Hort. Lips.
c) Doniana Endl. — Hort. Lips.
d) tetragona Endl. — Chile, Coronel. — Ochsenius.

X. Thuya.
a) gigantea Nutt.
1. Oregon. — Th. Howell.
2. Hort. Lips.
b) occidentalis Linn.
1. Jable rock, Niagara-Falls. — M. Paine.
2. Island of New-York. — M. Paine.
3. Hort. Lips.
c) plicata Donn. — Hort. Lips.

XI. Thuyopsis dolobrata Sieb. et Zucc.
1. Japonia. — Dr. Bürger.
2. Hort. Lips.

XII. Widdringtonia.
a) cupressoides Endl. — Cap. bon. sp.
b) juniperoides Endl.
1. Africa austr. — Breutel.
2. Cap. bon. sp.

Ehe wir mit der Erörterung der Anatomie beginnen, sei einiger für unsere Untersuchung wichtiger morphologischer Unterschiede gedacht.

Die Laubblattregionen der Cupressineen besitzen zweierlei Zweige: Langtriebe und Kurztriebe.

Jene durchlaufen eine weitgehende Metamorphose, sie zeigen ein mehrere Vegetationsperioden andauerndes intercalares Längenwachsthum und unbegrenztes Dickenwachsthum. Die Kurztriebe dagegen — abgesehen vom Wachsthum am Vegetationspunkt — erreichen noch in der ersten Vegetationsperiode ein Stadium, auf dem sie zeitlebens verharren. An ersteren behalten die Blätter nur kurze Zeit ihre normale Form, bald werden sie, während die Axe in die Länge und Dicke wächst, zerrissen und sterben ab; die Blätter der Kurztriebe dagegen sterben nur zugleich mit der sie tragenden Axe ab. Auch befinden sich weit weniger Blätter an einem Stück eines Langtriebes, wie an einem gleichlangen eines Kurztriebes. Offenbar ist für erstere die Entwickelung der Axe, für letztere die Entwickelung der Blätter das Wesentliche.

Wohl giebt es Langtriebe, die den Kurztrieben fast vollständig gleichen, aber was für diese definitive Form ist, ist für jene nur ein Uebergangsstadium, auf welchem sie verhältnissmässig kurze Zeit verharren.

Diese Unterschiede machen es, wenn wir bei der Vergleichung falsche Schlüsse vermeiden wollen, nothwendig, beiderlei Triebe gesondert zu betrachten.

Es sollen uns nun an dieser Stelle hauptsächlich nur die Kurztriebe beschäftigen. Ueber die Langtriebe kann ich nur beiläufig einige Angaben machen; eine gründliche Untersuchung derselben, insbesondere was die Metamorphose anbetrifft, über welche sich meines Wissens nur bei De Bary[1]) einiges findet, bleibt eine noch zu lösende Aufgabe.

Vergleichen wir die Kurztriebe der Cupressineen in Bezug auf ihre Ausdehnung nach den 3 Dimensionen, so lassen sich drei Ausbildungsweisen unterscheiden. Dieselben stehen in offenbarem Zusammenhange mit der Stellung der Zweige.

1. Bau radiär. Alle Blätter sind von gleicher Form.

Die Zweige sind meist vertical, die Verzweigung findet nicht in einer Ebene statt.

Die Gruppe der Cupressineen mit so gebauten Kurztrieben, die ich mit A bezeichnen will, umfasst:

---

1) Vergl. An. p. 567 f.

Sämmtliche mit dreizähligen Wirteln: Actinostrobus, Fitzroya, Frenela, Juniperus sect. oxycedrus; ferner folgende mit zweizähligen Wirteln: Cupressus (die meisten Arten), Libocedrus tetragona und Widdringtonia; schliesslich gehört auch noch Juniperus sect. sabina mit bald drei-, bald zweizähligen Wirteln hierher.

2. Bau bilateral. Es giebt 2 Wirtelformen. Die Blätter eines Wirtels sind von gleicher Form.

Zweige vertical. Verzweigung in einer zum Stamm senkrechten Ebene.

Gruppe B: Callitris, Biota, Cupressus funebris, Libocedrus decurrens und chilensis, Chamaecyparis sphaeroidea und Lawsoniana.

3. Bau dorsiventral. Es giebt 2 Wirtelformen. Die Blätter der einen sind symmetrisch, die der anderen sind ungleich und assymmetrisch.

Zweige horizontal. Verzweigung in einer Ebene.

Gruppe C: Thuyopsis, Thuya, Libocedrus Doniana, Chamaecyparis pisifera und Chamaec. nutkaënsis [1]).

Ich werde vielfach auf diese Eintheilung zurückkommen, weil der anatomische Bau mit den Eigenthümlichkeiten der verschiedenen Gruppen in engem Zusammenhange steht, insofern nämlich, als die Angehörigen jeder Gruppe Uebereinstimmung in der Anordnung der Gewebe aufweisen.

Es sei noch erwähnt, dass diese Eintheilung für die Langtriebe nicht gilt, denn auch die Langtriebe derjenigen Cupressineen, deren Kurztriebe bilateral und dorsiventral gebaut sind, weichen vom radiären Bau wenig, oder gar nicht ab, je nach ihrer Stellung zum Horizont. Es bewahrheitet sich der Satz Mohl's [2]), dass „mit der Stellung einer Achse in senkrechter Richtung die concentrische (= radiäre) Bildung vorschreitet". Die Gipfeltriebe aber sind, soweit meine Beobachtungen reichen, immer, selbst bei Thuyopsis, deren Kurztriebe so ausgezeichnet dorsiventral gebaut sind, radiär entwickelt.

1) Es sind jene von denen Zuccarini (l. c. p. 789) sagt: „Der Zweig ist gewissermassen selbst zum Blatte geworden und seine, wenn gleich noch gesonderten Blätter theilen sich in eine gemeinsame Ober- und Unterseite". — Aehnlich äussert sich Mohl in dem Aufsatz: „Ueber die Symmetrie der Pflanzen". Verm. Schr. p. 22.

2) Verm. Schr. p. 23.

Die Ergebnisse der anatomischen Beobachtungen sollen nach anatomisch-physiologischen Principien[1]) in nachstehender Reihenfolge besprochen werden:

A. Die Systeme des Schutzes:
   I. Hautsystem.
   II. Skeletsystem.

B. Die Systeme der Ernährung:
   I. Assimilationssystem.
   II. Leitungssystem.
   III. Durchlüftungssystem.
   IV. Secretbehälter.

A. Die Systeme des Schutzes.

I. Das Hautsystem.

Die Form der Epidermiszellen ist die den Coniferenblättern nach Thomas[2]) allgemein zukommende, es sind in der Längsrichtung des Blattes ihre grösste Ausdehnung besitzende Prismen. Nur an den Rändern der Blattspitzen, besonders bei sehr kleinen Facialblättern dorsiventral gebauter Zweige (Libocedrus Doniana) sind die Aussenwände der Epidermiszellen zackig nach aussen gekrümmt. Ein Hervorwölben der Aussenwand zeigen die Oberhautzellen regelmässig auch an jenen Stellen, wo Theile der Blätter einander überdecken und die Aussenwände des geringeren Schutzbedürfnisses wegen verhältnissmässig dünn sind. In der, die herablaufenden Blattbasen trennenden Rinne bei Frenela robusta sind diese Erhebungen oft zapfen- oder haarartig. Tschirch, welcher eine solche abgebildet hat, bezeichnet sie in der That als „Haar“[3]).

Nach dem, was Thomas über den Bau der Epidermiszellen der Coniferen im Allgemeinen sagt[4]), könnte es scheinen, als ob

1) Vergl. G. Haberlandt, Physiologische Pflanzenanatomie.
2) l. c. p. 24.
3) l. c. p. 251 und Fig. 10.
4) l. c. p. 25.

auch die der Cupressineen nach aussen gerichtete Poren besässen. Dies ist jedoch nicht der Fall. Die Poren sind bei ihnen ausschliesslich den Wänden eigen, welche wieder an Epidermiszellen grenzen, und correspondiren fast immer mit denen der Nachbarzellen. Auf den Innenwänden scheint die geringe Wanddicke eine Porenbildung unnöthig zu machen. Auf jeder Seitenwand ist in der Regel eine Reihe Poren vorhanden. Sie ist immer, wie Querschnittsbilder zeigen, nahe der Innenwand gelegen. Nur bei Widdringtonia juniperoides trifft man häufig, bei allen anderen Cupressineen nur ausnahmsweise 2 Poren auf dem Durchschnitt einer Seitenwand. (S. Fig. 3.)

Wir wenden uns jetzt zu dem Schichtenbeleg der Epidermiszellen. In der Cuticula von Libocedrus Doniana hatte bereits Thomas[1]) Einlagerungen entdeckt, über deren Natur er jedoch schweigt. Solms[2]) beobachtete solche auch bei Biota und Juniperus sabina. Er bestimmte sie als Krystalleinlagerungen von oxalsaurem Kalk und spricht die Erwartung aus, dass deren auch noch bei mancher verwandten Form zu finden sein würden. Ich habe daraufhin Repräsentanten sämmtlicher angeführten Gattungen untersucht und sie nirgends vermisst. Man darf also wohl diese Erscheinung als eine bei den Cupressineen allgemein vorhandene bezeichnen.

Nach geschützten Stellen zu, wo die Cuticula an Dicke abnimmt, werden die Krystalleinlagerungen immer sparsamer und verschwinden schliesslich ganz. So fehlen sie immer auf der morphologischen Oberseite der schuppenförmigen Blätter, der auch die Streifen angehören, welche die Rinnen zwischen den herablaufenden Basen der Blätter eines Wirtels bilden.

Die grössten und die Hauptmasse der Krystalle sind stets nahe der Oberfläche eingelagert.

Die Cuticularschichten sind frei von Krystalleinlagerungen (s. Fig. 1—3).

Auch der Besitz krustenartiger Wachsüberzüge, welche De Bary[3]) an Biota und Thuya occidentalis beobachtet, ist jedenfalls

1) l. c. p. 27.
2) l. c. p. 543.
3) l. c. p. 165.

eine allgemeine Eigenschaft der Cupressineen. Zwar habe ich bei dem Material, welches mir nur getrocknet vorlag und welches erst durch Kochen in Wasser zur Untersuchung tauglich gemacht werden musste, Wachsüberzüge mit Sicherheit nicht feststellen können, doch schliesst dies ihr Vorhandensein nicht aus, denn Wachs muss ja durch die hohe Temperatur des siedenden Wassers abgeschmolzen werden. Bei einigen nur durch Wasserdampf aufgeweichten Zweigstücken war eine die Cuticula bedeckende Schicht in der That noch vorhanden, wenn auch nicht in der Erhaltung, wie bei frisch untersuchtem Material. Schnitte von letzterem aber zeigten in allen Fällen diese, bei Behandlung mit Benzol, oder heissem Alkohol verschwindende, gegen Säuren resistente Schicht.

An den Spaltöffnungsfeldern geht die krustenförmige Structur in eine körnige über. Dieser Körnchenüberzug kleidet auch die äusseren Athemhöhlen der Spaltöffnungen aus, wie dies K. Wilhelm[1]) beschrieben und noch weiter zu erörtern versprochen hat.

II. Das Skeletsystem.

Ausser den mechanisch wirkenden Zellen des Leitbündels, den Bastzellen im Phloem und den Tracheiden des Xylems, welche das centrale Stereom bilden, fehlt den Cupressineen nie ein peripherisches, die als Hypoderm wohlbekannte subepidermale Stereidenschicht. Die Elemente derselben sind typische Bastzellen.

Ueber die Unterbrechungen dieses „das Parenchym umhüllenden Mantels", wie Thomas sich ausdrückt, hat dieser bereits[2]) berichtet. Es sind einestheils die Spaltöffnungsfelder, dann aber auch andere, näher zu erörternde, von Thomas nicht berücksichtigte Stellen.

Dieselben befinden sich am Grunde der herablaufenden Blattbasen, wo letztere von den Blattspitzen der darunterstehenden Wirtel bedeckt werden. Doch entbehren auch diese Stellen nicht des mechanischen Schutzes. Schon die starren, anliegenden Blattspitzen werden ihn einigermassen zu bieten vermögen; es sind indessen auch innere mechanische Einrichtungen vorhanden. Die Zellen des Mesophylls sind nämlich collenchymatisch verdickt.

1) l. c. p. 325 ff.
2) l. c. p. 30.

Dieser Ersatz der Bastzellen durch Collenchym, d. h. durch ein streckungsfähiges mechanisch wirksames Gewebe[1]), ist besonders für die Langtriebe von Wichtigkeit, bei welchen die betreffende Stelle die Zone des intercalaren Wachsthums ist.

Das festeste Gefüge und die massigste Entwickelung besitzt das peripherische Stereom der Cupressineen mit radiären Zweigen (Gruppe A), ja an gewissen Stellen, nämlich an den Blatträndern und in der Mitte des Blattrückens ist dasselbe häufig mehrschichtig.

Weniger fest ist das Gefüge und weniger massig die Entwickelung schon bei den bilateralen Zweigen (Gruppe B).

Bei den dorsiventralen (Gruppe C) aber ist das peripherische Stereom sogar immer stellenweise unterbrochen.

Es steht dies damit im Einklange, dass radiär gebaute Gebilde des grössten Schutzes gegen biegende Kräfte bedürfen, da sie nach allen Richtungen gleichviel Angriffspunkte für jene Kräfte bieten, während bei bilateralen und dorsiventralen Gebilden, welche sich dem flächenhaften Bau nähern, die Inanspruchnahme auf Biegungsfestigkeit sich hauptsächlich auf eine Richtung, nämlich die der kurzen Queraxe beschränkt, also ein geringeres mechanisches Schutzbedürfniss vorhanden ist.

Je grösser die Differenz der kurzen und langen Queraxe, d. h. je flächenhafter der Bau ist, um so mehr findet offenbar jene Beschränkung statt. Deshalb bedürfen die dorsiventralen Cupressineenzweige, welche unter allen den flächenhaftesten Bau haben, des am wenigsten festen peripherischen Stereoms.

In ausgezeichneter Weise entsprechen somit die vorhandenen mechanischen Einrichtungen den je nach dem Bau verschiedenen mechanischen Bedürfnissen.

Wir wenden uns jetzt zu den bei den Cupressineen nicht constant auftretenden mechanischen Schutzeinrichtungen.

Es sind dies zunächst am Rücken des Leitbündels verlaufende, an das Phloem desselben grenzende Bastzellen. Sie sind vor denen des Phloems durch die bedeutendere Grösse und unregelmässige Form des Querschnitts ausgezeichnet.

Die Menge derselben ist selbst bei Zweigen derselben Art sehr

1) G. Haberlandt, Physiol. Pflanzenanatomie, p. 101.

schwankend. Stets zeigen aber die Langtriebe eine grössere Anzahl, als die Kurztriebe.

Solche Bastzellen am Rücken des Leitbündels sind besonders zahlreich und wurden immer von mir beobachtet bei Callitris, Frenela, Actinostrobus, Biota (s. Fig. 24), Libocedrus chilensis, Juniperus sect. oxyc.

Den übrigen untersuchten Cupressineen fehlen sie oft. Gewöhnlich befinden sich jedoch dann an derselben Stelle Zellen von eigenthümlicher Beschaffenheit. Sie sind chlorophyllfrei (oder wenigstens chlorophyllarm) und im Innern mit einer stark lichtbrechenden, schwach verholzten dünnen Schicht ausgekleidet, in der wir wahrscheinlich den Anfang der bastartigen Verdickung zu erblicken haben. Meist treten solche Zellen auch bei den Cupressineen, welche an der betreffenden Stelle Bastzellen besitzen, neben diesen auf, auch giebt es zwischen beiden, z. B. bei Biota deutliche Uebergangsformen.

Zellen von der gleichen Beschaffenheit kommen auch im Umkreise der Harzbehälter vor.

Wie bei manchen anderen Coniferen[1]), so sind auch bei den Cupressineen nicht selten Stereiden im Parenchym der Blätter entwickelt, welche, wie wir später erörtern werden, oft sehr deutlich erkennen lassen, dass sie lokale Festigungseinrichtungen sind.

Es sind Zellen von sehr mannigfaltigen, vielfach ganz unregelmässigen Formen (sternförmig, kuglig, mehr oder minder gestreckt mit stumpfen, oder fussförmigen Enden) und mit stark, oft bis zum Verschwinden des Lumens verdickten, von Porenkanälen durchsetzten Wänden, d. h. Sklerenchymzellen. Sie sind stets schwach verholzt, denn sie färben sich bei Anwendnng der Phloroglucinreaction schwach roth, der Jodschwefelsäurereaction aber gelb.

Sie kommen vor bei Fitzroya, Widdringtonia juniperoides, Callitris, Libocedrus chilensis und tetragona, Frenela rhomboidea, Arten von Juniperus sect. sabina, Arten von Cupressus.

In den meisten Fällen stehen die in das Parenchym eingelagerten Stereiden nicht mit einander in unmittelbarem Zusammenhange, sie bilden kein Gewebe im eigentlichen Sinne, sondern sind,

1) Thomas, l. c. p. 35. De Bary, vergl. An. p. 440.

soweit sie nicht an Intercellularräume grenzen, rings von Parenchymzellen umgeben, es sind „Idioblasten“. Nur bei Fitzroya patagonica treten sie zum Theil mit einander in Verbindung und man könnte hier wohl von einem „interparenchymatischen Stereom“ reden (s. Fig. 5).

Die Vereinigung der in das Parenchym eingelagerten Stereiden zu einem Gewebe kommt übrigens auch sonst noch in Coniferenblättern vor, nämlich bei Podocarpus-Arten[1]) (Pod. Thunbergi, chilina, salicifolia etc.)

Die eine Region, in welcher ich Stereiden im Parenchym, freilich nur bei einer einzigen Art, nämlich Libocedrus tetragona, gefunden habe, ist die des Blattgrundes an der Blattoberseite. Es sind hier senkrecht zum Leitbündel des Blattes und der an dieser Stelle wulstig sich vordrängenden Epidermis stehende, säulenartige Zellen mit fussförmigen Enden (s. Fig. 4). Sie haben offenbar den Zweck, die Stellung der von der Axe abgespreizten Blätter zu sichern. Ich erwartete solche Stereiden auch bei den ebenfalls abgespreizten Blättern von Juniperus sect. oxycedrus zu finden, jedoch habe ich vergeblich nach ihnen gesucht. Es scheint bei ihnen das freilich an der betreffenden Stelle sehr dichte, pallisadenartig ausgebildete und mit collenchymatischen Wandverdickungen versehene Parenchym zur Aufrechterhaltung der Stellung der Blätter zu genügen.

Die andere Region, in welcher ich Sklerenchymzellen gefunden habe, ist die des Zuleitungsparenchyms der Blattunterseite, beson-

---

1) Das was Thomas (l. c. p. 35 u. 37) unter dem Namen „quergestrecktes Parenchym“ zusammenfasst, besteht nämlich aus zweierlei Elementen. Dieselben haben allerdings äusserlich gleiche Formen, aber die einen von ihnen (es sind die dem Pallisadenparenchym zunächst liegenden) besitzen unverdickte Wände und Chlorophyll, die anderen dagegen haben keinen plastischen Inhalt, aber ansehnliche geschichtete Wandverdickungen, welche schwach verholzt und von Poren durchsetzt sind. Jene sind offenbar zum Zuleitungsparenchym (Haberlandt, vergl. An. des assim. Gewebesystems) zu rechnen, diese dagegen haben ganz den Charakter von Stereiden, und es ist evident, dass sie die mechanische Function haben, die breiten Blätter vor dem Einrollen zu schützen.

Es wäre gewiss von Vortheil, wenn die Benennung „quergestrecktes Parenchym“ oder „Querparenchym“ aufgegeben würde. Der eine Theil ist als Zuleitungsparenchym zu bezeichnen, den andern könnte man vielleicht ebenfalls „interparenchymatisches Stereom“ nennen.

ders der herablaufenden Basen, d. h. die Region, in welcher die Entfernung des peripherischen Stereoms vom centralen am grössten ist und in welcher die, die Festigkeit beeinträchtigenden intercellularen Durchlüftungsräume am ausgedehntesten sind.

Bei manchen Cupressineen besitzen die Stereiden dieser Region kuglige Form. Die Verdickungen der Wände sind in diesem Falle schwach (Cupressus glauca, C. Benthami, C. Lindleyi), oder stark bis zum Verschwinden des Lumens (Juniperus sect. sabina). In anderen Fällen sind es sternförmige (Frenela rhomboidea), oder in der Längsrichtung des Blattes, also senkrecht zu der Richtung, in welcher die umgebenden Parenchymzellen ihre grösste Ausdehnung haben, gestreckte Sklerenchymzellen. Dieselben gleichen Pfeilern, von denen aus die Zuleitungszellen nach dem Pallisadenparenchym einerseits und dem Leitbündel andererseits Querbalken bilden. So bei Callitris, Libocedrus chilensis, Widdringtonia juniperoides. Bei Fitzroya endlich, welche überhaupt am reichsten an Stereiden im Parenchym ist, finden wir sowohl sternförmige, als auch langgestreckte Sklerenchymzellen. Die bereits erwähnte Vereinigung des grössten Theiles derselben geschieht in der Weise, dass sie in der Längsrichtung des Blattes verlaufende Stränge bilden, von denen aus sich feste Arme nach der Peripherie und nach dem Leitbündel des Blattes erstrecken, wie dies in Fig. 5a abgebildet ist.

Es ist nicht schwer einzusehen, welchen Zwecken diese ungewöhnlich starke Entwickelung mechanischer Einrichtungen im Parenchym des Blattes entspricht. Die verhältnissmässig grosse freie Spitzen besitzenden Blätter von Fitzroya sind nämlich nicht nur auf der morphologischen Oberseite, sondern auch auf der Unterseite mit Spaltöffnungen versehen. Durch diese aber wird stets eine Unterbrechung des Hypoderms herbeigeführt, mithin das Skeletsystem nicht unbedeutend beeinträchtigt, zumal da die Unterbrechungen ziemlich breit sind und einander gegenüberliegen (siehe Fig. 5b). Gerade zwischen den gegenüberliegenden Unterbrechungen nun liegen die Hauptmassen und die untereinander verbundenen der im Parenchym eingelagerten Sklerenchymzellen. Die mechanischen Elemente sind gleichsam an den betreffenden Stellen von der Peripherie in das Innere des Blattes verlegt.

Das interparenchymatische Stereom bei Fitzroya wäre demnach

eine localmechanische Einrichtung zum Ersatz für die an gewissen Stellen durch Einschaltung von Spaltöffnungsfeldern in Wegfall gekommenen subepidermalen Stereiden.

Sehr deutlich ist bei Widdringtonia juniperoides[1]) wahrzunehmen, dass die Sklerenchymzellen da am zahlreichsten eingestreut sind, wo die Blattleitbündel sich noch nicht weit vom Zweigleitbündel entfernt haben, wo also die Entfernung von Axe und Peripherie am grössten ist, in der Region der Blattbasen (Fig. 6a). Nach der Spitze zu aber nehmen sie immer mehr an Zahl ab und legen sich, nachdem sie das Pallisadenparenchym durchbrochen, an das Hypoderm an. Nur an zwei Stellen verlaufen Sklerenchymzellen oft bis nahe an die Spitze des Blattes im Parenchym, nämlich hinter den beiden Spaltöffnungsstreifen, welche Widdringtonia auf der morphologischen Unterseite der Blätter besitzt und an welchen das Hypoderm unterbrochen ist (Fig. 6b). Sie haben hier offenbar, wie bei Fitzroya, den Zweck, die Beeinträchtigung der Festigkeit, welche durch jene Unterbrechung herbeigeführt wird, zu vermindern.

Nicht immer jedoch sind Stereiden entwickelt, wenn die morphologische Unterseite mit Spaltöffnungsstreifen besetzt ist, auch wenn diese sehr breit sind, wie bei Actinostrobus pyramidalis.

Bei der eben genannten Cupressineae haben wir jedoch Grund zu der Annahme, dass die ausserordentlich massige Entwickelung des Transfusionsgewebes, welchem man bei der Verdickung der Zellwände eine höhere mechanische Wirkungsfähigkeit, als dem Parenchym wohl nicht absprechen kann, die Bildung von specifischen Stereiden entbehrlich macht[2]).

---

1) W. cupressoides besitzt keine Sklerenchymzellen im Parenchym.

2) Ein Analogon haben diese Verhältnisse übrigens bei den Podocarpeen. P. elongata L'Hérit. nämlich entbehrt des bei anderen breitblättrigen Podocarpus-Arten so ausgezeichnet entwickelten, bereits in diesem Kapitel erwähnten interparenchymatischen Stereoms, besitzt aber dafür ein weit in das Parenchym ragendes Transfusionsgewebe. Die dem Stereom entsprechenden Gebilde sind hier nur längs der beiden Blatträndер eingestreute idioblastische Sklerenchymzellen.

B. Die Systeme der Ernährung.

I. Das Assimilationssystem.

Das Mesophyll der Cupressineen besteht in allen untersuchten Fällen aus pallisadenartig ausgebildetem Assimilationsparenchym, Zuleitungsparenchym und Ableitungsparenchym. Es bringt somit das vollkommenste der drei von Haberlandt[1]) unterschiedenen Systeme, der der Assimilation dienenden Gewebe zum Ausdruck.

Nach der Spitze der Blätter zu verschwindet gewöhnlich diese Differenzirung mehr und mehr. Es fällt nämlich das Zuleitungsparenchym weg, was bei der Verminderung des Abstandes des Pallisadenparenchyms vom Leitbündel wohl erklärlich ist, und die Pallisadenzellen grenzen direct an das Ableitungsparenchym, d. h. es kommt ein Bau nach dem einfacheren zweiten Systeme Haberlandt's zu Stande, wie dies der eben genannte Forscher für Thuya plicata[2]) angiebt.

Das Pallisadenparenchym.

Das in erster Linie der Assimilation dienende chlorophyllreiche Pallisadenparenchym ist bei den Cupressineen ohne Ausnahme auf der morphologischen Unterseite gelegen. Es nimmt dieselbe ganz, oder theilweise ein, je nachdem sie ganz, oder theilweise der directen Beleuchtung zugänglich ist. Ersteres ist der Fall bei den Cupressineen mit radiären und bilateralen, aufrechten Zweigen (Gruppe A und B), letzteres bei den mit dorsiventralen, horizontalen Zweigen (Gruppe C).

Die Zellen sind meist von cylindrischer Gestalt, doch finden sich — bei den untersuchten drei Frenela-Arten — auch jene von Haberlandt als Armpallisadenzellen[3]) bezeichneten Formen. Die Pallisadenzellen stehen dicht nebeneinander, im Querschnitt sowohl,

1) Vergl. An. des assim. Gewebesyst. p. 130 und Physiologische Pflanzenanatomie, p. 187.

2) Vergl. An. des assim. Gewebesyst. p. 129.

3) l. c. p. 89.

wie auch im Längsschnitt. Eine Anordnung in Querlamellen, wie sie Haberlandt für Thuya plicata angiebt, habe ich weder bei dieser, noch bei anderen Cupressineen gefunden.

An allen nicht direct bestrahlten Stellen weisen die Zellen der äussersten Parenchymschicht Haberlandt's Trichterzellen[1]) ähnliche Formen auf, jedoch mit Ausnahme desjenigen medianen Streifens, welcher die beiden Spaltöffnungsfelder der morphologischen Oberseite von einander trennt. Hier befinden sich nämlich einige Reihen chlorophyllarmer Pallisadenzellen, welche zwischen den Athemhöhlen der beiden Spaltöffnungsfelder eine Scheidewand bilden (s. Fig. 9 und 10a).

Schliesslich sei noch erwähnt, dass, ausser bei Callitris und Biota, sämmtliche Glieder der Gruppe B nicht immer im ganzen Umkreise des Zweiges gleichlange Pallisadenzellen aufweisen. Es steht dies im Zusammenhang damit, dass die Zweige das Bestreben haben, die Verzweigungsebene durch eine Torsion und gleichzeitige Biegung der horizontalen Lage zu nähern, wodurch eine verschiedene Beleuchtung der beiden flachen Zweigseiten geschaffen wird. Die günstiger beleuchtete Seite hat dann stets etwas längere Pallisadenzellen, immerhin aber ist die Verschiedenheit der Länge nur gering und die äusseren Umrisse, sowie die Lage der Spaltöffnungen lassen noch kein oben und unten unterscheiden. Dennoch ist dies sehr wohl möglich. Die Pallisadenzellen der günstiger beleuchteten Seite haben nämlich vor denen der anderen einen grösseren Chlorophyllgehalt voraus, welcher sogar schon äusserlich durch ein intensiveres Grün jener Seite bemerkbar ist.

Diese Annäherung an den dorsiventralen Bau, welche wir in den eben erwähnten Verhältnissen zu erblicken haben, ist besonders bei Chamaecyparis Lawsoniana und Libocedrus chilensis sehr häufig und weitgehend.

Das Zuleitungsparenchym.

Die Zellen desselben, durch weite Intercellularräume von einander getrennt, sind bei den radiären und bilateralen Cupressineen von zur Längsaxe quergestreckter Gestalt und radialer Anordnung.

1) l. c. p. 89.

Querschnittsbilder erinnern lebhaft an den Bau des Rades. Diese Anordnung der Zuleitungszellen kommt auch bei den dorsiventral gebauten Cupressineen noch wohl zur Geltung.

Nur bei Juniperus sect. oxycedrus, welche in so mancher Beziehung vom Cupressineentypus abweicht, sind die Zuleitungszellen nicht mehr cylindrisch, sondern von sternförmiger, vielarmiger Gestalt, also von der Form der „Schwammparenchymzellen“ (Fig. 12), doch zeigen sie gewöhnlich noch eine geringe Streckung senkrecht zum Leitbündel. Sie bilden, worüber uns Längsschnitte Aufschluss geben, Querlamellen, die sich stellenweise berühren.

Das Ableitungsgewebe.

Dasselbe umgiebt Leitbündel und Transfusionsgewebe als Scheiden, so zwar, dass in den Blatttheilen, wo beide mit einander vereinigt sind, auch beide eine gemeinsame Parenchymscheide besitzen, welche sich jedoch, wenn das Transfusionsgewebe (wie es in noch zu erörternder Weise in gewissen Fällen vorkommt) sich vom Leitbündel trennt, in drei hohlcylindrische Theile gabelt, von denen die beiden seitlichen die Transfusionsgewebepartien umgeben, während der mittlere dem Leitbündel verbleibt.

Die Scheiden der Blattleitbündel vereinigen sich in ihrem Verlaufe abwärts mit einander und bilden dadurch das Ableitungsparenchym — Mark und Parenchymscheide — des Zweigleitbündels.

Die Zellen des Ableitungsgewebes sind in gleicher Richtung wie die der Leitbündel gestreckt und stehen, im Gegensatze zu denen des Zuleitungs- und Assimilationsgewebes, mit einander in lückenlosem Zusammenhang.

Am Grunde der decussirten Blattbasen unterbleibt die Differenzirung des Parenchyms, die Mesophyllzellen sind ziemlich gleichartig entwickelt und besitzen collenchymatische Wandverdickungen. Besonders grosse Ausdehnung haben diese Stellen bei den Langtrieben, bei welchen dies die Zonen des intercalaren Wachsthums sind.

II. Das Leitungssystem.

1. Leitbündel.

Es sei an dieser Stelle nochmals eine Thatsache hervorgehoben, in welcher die Blattähnlichkeit der Cupressineenkurztriebe hauptsächlich mit zum Ausdruck kommt, die nämlich, dass die Leitbündel der Kurztriebe, nicht allein soweit sie in den Blättern, sondern auch soweit sie in der Zweigaxe verlaufen, begrenztes Wachsthum haben. Das Cambium wird noch in der ersten Vegetationsperiode ganz zu Dauergewebe und es bleibt kein meristematischer Streifen zwischen Xylem und Phloem bestehen, wie in den Langtrieben.

Auch concentrische Schichtung der Zellen, wie sie für die secundären Elemente des Leitbündels der Langtriebe so charakteristisch ist, kommt in den Kurztrieben gewöhnlich nicht deutlich zu Stande. Die Bastzellen im Phloem aber sind ganz unregelmässig eingestreut und immer nur in geringer Anzahl vorhanden.

Ueber den Verlauf der Leitbündel verdanken wir Geyler die ersten umfassenderen Untersuchungen, deren Resultate ausser l. c. auch in manchen anderen botanischen Werken angegeben sind.

Durch Beobachtungen, die zur Ergänzung und Controle unternommen wurden, stellte es sich jedoch heraus, dass gegen die Geyler'schen Darstellungen einiges einzuwenden ist.

Geyler unterscheidet zwei Gruppen der Cupressineen: die mit Blattquirlen und die mit spiraliger Blattstellung. Nach der hier anerkannten Umgrenzung der Cupressineenfamilie wären von der zweiten Gruppe jedoch nur Widdringtonia und Chamaecyparis glauca hort. zu den Cupressineen zu rechnen.

Letztere lasse ich jedoch unberücksichtigt, da ich nicht ermitteln konnte, ob nicht vielleicht auch die unter obigem Namen[1]) untersuchte Conifere gar keine Cupressinee in unserem Sinne ist. Die von mir untersuchten Chamaecyparis-Arten haben alle genaue Wirtelstellung der Blätter und nicht Spiralstellung, wie Bertrand[2]),

1) Da derselbe ein Gartenname ist, hat er für uns keinen Werth.
2) l. c. p. 138.

vielleicht auf Grund jener Angabe Geyler's, allgemein für die vorliegende Gattung angiebt.

Aber auch für Widdringtonia ist es nicht dem wahren Sachverhalt entsprechend, Spiralstellung — richtig gesagt: schraubenlinige Stellung — der Blätter als Regel anzugeben.

Bei Widdringtonia juniperoides (Geyler's Untersuchungsobject) und W. cupressoides habe ich Folgendes gefunden:

Die Blätter der Kurztriebe, sowie der jungen Langtriebe bilden zweigliedrige alternirende Wirtel, jedoch mit den Unregelmässigkeiten, dass die Blätter eines Wirtels nicht genau auf gleicher Höhe stehen und die Wirtel mit den nächstunteren und nächstoberen nicht immer genau einen Winkel von 90° bilden, so dass die übereinanderstehenden Blätter nicht in einer geraden Linie, sondern, bald rechts, bald links abweichend, in einer Zickzacklinie, oder immer nur nach einer Seite abweichend, in einer sehr steilen, in einem von 90° wenig verschiedenen Winkel aufsteigenden Schraubenlinie liegen. An den Kurztrieben bleiben diese Anomalien immer nur gering und sind mit blossem Auge oft nicht bemerkbar, an den Langtrieben aber werden sie während des intercalaren Wachsthums sehr bedeutend, so dass die Blätter schliesslich in vier, bald rechts-, bald linksläufigen Schraubenlinien am Zweige angeordnet sind.

Dass die Blätter eines Wirtels nicht genau auf gleicher Höhe stehen, kommt übrigens auch bei anderen Cupressineen, bei vielen sogar fast beständig vor, so bei Frenela robusta, vielen Arten von Juniperus sect. sabina. Von Juniperus nana hat es Geyler bereits angegeben.

Wie die Blattstellung, so zeigt auch der mit derselben im innigsten Zusammenhange stehende Leitbündelverlauf in den Kurztrieben von Widdringtonia keine wesentlichen Abweichungen den übrigen Cupressineen gegenüber. Wir werden hierauf zurückkommen, nachdem wir uns mit dem Verlauf bei letzteren bekannt gemacht haben.

Für seine erste Gruppe, das ist unsere ganze Familie der Cupressineen mit Ausnahme von Widdringtonia, giebt Geyler folgende beiden Verlaufsweisen an:[1])

1) l. c. p. 98.

I. „Die ein Internodium weit ungetheilt herabsteigenden Blattspuren gabeln sich etwa in der Mitte des nächstunteren Internodiums und senden je einen Schenkel nach rechts und links zu den benachbarten Blattspuren desselben Internodiums ab.“ (Fig. 13.)

Dieser Modus des Verlaufs kommt nach Geyler bei Juniperus, Frenela, Callitris, Libocedrus, Cupressus, Chamaecyparis, Thuya gigantea zur Ausbildung.

II. „Die opponirten Blattspuren steigen zwei Internodien weit herab, biegen dann einseitswendig, seltener symmetrisch convergirend über der im zweitunteren Internodium austretenden Blattspur ab (so ist es wenigstens in der Anlage, vergl. Biota) und legen sich an die im 2t-, 3t-, seltener 4t- unteren Internodium austretenden Blattspuren an. Die successiven Internodien sind gleichlang, Die Blattpaare liegen in gleicher Höhe.“ (Fig. 14.)

Den letzteren Modus hat Geyler bei Biota und Thuya — mit Ausnahme von Th. gigantea — gefunden und vermuthet, dass er auch bei Thuyopsis vorkäme.

Nach Geyler's Darstellungen hat es den Anschein, als ob jede Art entweder auf den einen, oder den anderen Modus des Verlaufs beschränkt wäre.

Indessen kommt auch bei Biota (sogar sehr häufig), Thuya und Thuyopsis der erste Modus zur Ausbildung, bei Geyler's Repräsentanten des ersten Modus dagegen auch der zweite.

Der Sachverhalt soll im Folgenden geschildert werden.

Die dem Mark zunächst liegenden spiralig verdickten Tracheiden der Blattspuren sind an der Stelle, welche der Strecke c der Schemata entspricht, meist nicht alle mit einander vereinigt, sondern nur die zweier Spuren, während die der dritten — es ist dies bald die rechts, bald die links von der mittleren gelegene — durch Markzellen von jener Vereinigungsspur getrennt sind. Näher dem Phloem gelegene Tracheiden der drei Spuren, um die es sich hierbei handelt, grenzen jedoch direct an einander, so dass das Xylem der vereinigten Spuren im Querschnitt zwei in das Mark vorspringende Zacken bildet, wie es Fig. 15a erläutern soll.

Es würde dies nach Frank[1]) keine Vereintläufigkeit sein, —

1) l. c. p. 157.

hierzu fordert er, dass die betreffenden Blattspurstränge von ihren frühesten Entwickelungsstadien an einen Strang bilden — sondern nur zwei wären vereintläufig zu nennen und gingen mit dem dritten nur eine Verschmelzung ein.

Es bedeutet dies einfach, dass die Vereinigung einer Blattspur nicht mit beiden der sich an sie anlegenden Schenkel der Spuren des nächsthöheren Wirtels eine gleich innige ist.

Dies nun ist bei den Cupressineen wohl überhaupt der häufigste Fall. Eine Vereintläufigkeit im Sinne Franks bei c, noch mehr aber eine Getrenntläufigkeit ohne frühzeitige Verschmelzung sind seltene Vorkommnisse.

Das erstere (Vereintläufigkeit aller Spuren bei c) hat zwar am häufigsten bei den radiären und bilateralen Cupressineen statt, doch ist es auch ab und zu bei den dorsiventralen, Thuya und Thuyopsis nicht ausgeschlossen, zu beobachten.

Getrenntläufigkeit ohne Verschmelzung bei c beschränkt sich auf die dorsiventralen Cupressineen als eine seltene Erscheinung (am häufigsten ist sie wohl bei Libocedrus Doniana anzutreffen) und ist nur bei Widdringtonia das Gewöhnliche. Während aber in den Kurztrieben das Ausbiegen der Spuren auf einander folgender Wirtel bald nach rechts, bald nach links erfolgt (entsprechend der Zickzackstellung der bei genauer Wirtelstellung in gerader Linie übereinander liegenden Blätter), geschieht dies bei den Langtrieben entweder immer nach rechts, oder immer nach links, so dass sie bei der bereits früher besprochenen Ausbildung einer schraubenlinigen Blattstellung schliesslich einen Leitbündelverlauf aufweisen, für welchen das von Geyler[1]) abgebildete Schema gilt.

Trotz aller eben besprochenen Verschiedenheiten, die sich beim Eingehen in das Detail herausstellen, liegt aber doch dem Leitbündelverlauf aller Cupressineen ein gemeinsames, der Stellung der Blätter in alternirende Wirtel entsprechendes System zu Grunde. Dasselbe wird zum Ausdruck gebracht durch das Schema, welches Geyler für Juniperus[2]) gezeichnet hat, sowie durch Fig. 13, 16 u. 17 dieser Arbeit.

---

1) l. c. Fig. 8.
2) l. c. Fig. 1.

Alle jene Einzelheiten aber sind verhältnissmässig geringe Abweichungen von diesem System. Nur bei Widdringtonia sind sie von grösserer Bedeutung, da sie hier eine gewisse Regelmässigkeit gewinnen, wodurch sich Widdringtonia in Bezug auf den Leitbündelverlauf und der mit diesem im innigsten Zusammenhange stehenden Blattstellung anderen Coniferen, nämlich den Taxodineen nähert.

2. Transfusionsgewebe.

Der Bau der Zellen des Transfusionsgewebes[1]), welcher sie als Tracheiden charakterisirt, ist durch De Barry's[2]) und Scheit's[3]) Untersuchungen wie für die Coniferen im Allgemeinen, so auch für die Cupressineen bekannt.

Ueber den Verlauf des Transfusionsgewebes jedoch herrscht gerade bei letzteren, bei welchen er immer nur beiläufig und an wenigen Arten studirt wurde, noch grosse Unklarheit.

Die mir bekannten Angaben über den Verlauf des Transfusionsgewebes bei den Cupressineen sind bei De Bary[4]), Zimmermann[5]) und Scheit[6]) zu finden. Ich citire dieselben:

De Bary: „In dem scheidig verwachsenen Grunde der flachen Blattpaare von Thuya gigantea verbreitert sich der Tracheidensaum jedes Blattes zu einem niedrigen Flügel, welcher zu dem des anderseitigen Blattes verläuft und sich mit ihm zum Quergürtel vereinigt."

Zimmermann: „Eine sonderbare Art der Verbreiterung des

1) Zwar ist der Name „Transfusionsgewebe" von De Bary und Scheit aufgegeben und durch „Tracheidensäume" ersetzt worden. Die Zellen sind nun in der That Tracheiden. Jedoch, abgesehen davon, dass diese Tracheiden des Transfusionsgewebes nicht immer Säume bilden (Pinus, Thuya etc.), ist es aus dem Grunde wohlgerechtfertigt, dieselben und das von ihnen gebildete Gewebe mit einem besonderen Namen zu belegen, weil sie durch die ihnen eigene parenchymatische Form von den prosenchymatischen Tracheiden des Leitbündels nicht unbedeutend abweichen.

Ich sehe deshalb nicht ein, warum die von Mohl eingeführten Namen „Transfusionsgewebe" und „Transfusionszelle" nicht weiter beibehalten werden sollen.

2) Vergl. An. p. 395 ff.

3) l. c.

4) Vergl. An. p. 397.

5) l. c. p. 8.

6) l. c. p. 13 u. 14.

Transfusionsgewebes, die für Thuya gigantea schon von De Bary beobachtet und beschrieben ist, findet sich bei denjenigen Coniferen, deren Blätter zum grössten Theil mit dem Stamm verwachsen und ausserdem verschieden sind (Thuya gigantea, Th. occidentalis, Biota, Chamaecyparis u. a.). Bei diesen erweitert sich nämlich das Transfusionsgewebe in den flachen Blättern wenig über der Stelle, wo das rückenständige Blatt vom Stamm abbiegt in ganz auffallender Weise, tritt mit dem des gegenüberliegenden Blattes in Verbindung und erstreckt sich mit diesem vereint fast bis zum Rücken des vom Blatt umwachsenen Stammes. Wenig weiter nach der Spitze zu trennen sich jedoch dann die Transfusionszellen der breiten Blätter wieder und nehmen auch an Mächtigkeit allmählich ab. Die rückenständigen Blätter hingegen zeigen von derartigen Verbreiterungen keine Spur."

Scheit: „Die Säume der Rand- und Mittelblattbündel stehen durch Tracheiden-Anastomosen in Verbindung. Letztere bilden einen Gürtel, der nur auf dem Blattquerschnitt durch den Gefässtheil der Bündel unterbrochen wird, in der That aber geschlossen ist. Innerhalb dieses Gürtels steigen die Säume der nächst höher liegenden Randblätter mit dem zugehörigen Bündel herab, etwa bis dahin, wo auch die Bündel der Mittelblätter die centrale Bündelmasse erreichen.

Unter den bisher untersuchten Coniferen stehen die Cupressineen mit flachen Blättern somit einzig da in Bezug auf die Tracheiden-Anastomosen."

Scheit giebt zwar nur an, dass er Thuya Menziesii (wahrscheinlich unsere Thuya gigantea, denn Th. Menziesii Dougl. = Th. gigantea Nutt.) in Bezug auf den Verlauf des Transfusionsgewebes untersucht habe, meint aber nichtsdestoweniger, dass das von ihm angegebene Schema ein solches sei, „wie es sich im Wesentlichen für die Cupressineen mit flachen Blättern aufstellen lässt."

Sonst ist mir über den Verlauf des Transfusionsgewebes bei den Cupressineen nichts weiter bekannt. Auch bei Mohl findet sich nichts darüber, er sagt ausdrücklich in einer seiner letzten Arbeiten:[1]) „Wie sich dasselbe (das Transfg.) in den verkürzten Blättern von Thuya u. s. w. verhält, habe ich nicht untersucht."

De Bary, Scheit und Zimmermann stimmen darin über-

1) Ueber Sciadopytis, Bot. Ztg. 1871.

ein, dass die Transfusionsgewebepartien der Blätter eines flachen Wirtels einen „Gürtel“ bilden. Berichtet De Bary aber nur einfach die Thatsache für das untersuchte Object, Thuya gigantea, so nehmen die letzteren beiden an, dass der Verlauf auch bei den übrigen Cupressineen mit flachen Blättern derselbe sei. Dies ist nicht der Fall. Schon bei Biota und Chamaecyparis kann man von einem Quergürtel nicht mehr reden. Nur selten tritt eine Vereinigung des Transfusionsgewebes der gegenüberliegenden Blätter überhaupt ein; geschieht es aber doch, so ist sie immer nur durch einige wenige Zellen herbeigeführt. Eine derartig weite Ausdehnung des gemeinsamen Verlaufs, wie bei den Thuya-Arten, habe ich nur noch bei Libocedrus decurrens gefunden.

Scheit's Behauptung vom Anastomosiren der Transfusionsgewebepartien der verschiedenen Blattwirtel aber beruht auf einer Täuschung. Soweit geht denn doch die Blattähnlichkeit der betreffenden Cupressineenzweige nicht, dass die Blätter nicht mehr Glieder am Zweige, sondern nur noch völlig unselbständige Theile desselben wären, deren anatomischer Bau der äusseren Abgrenzung zuwiderliefe.

Uebrigens ist der Umstand, dass die Cupressineen mit flachen Blättern durch jenes von Scheit behauptete Anastomosiren des Transfusionsgewebes allen anderen Coniferen gegenüber eine Ausnahmestellung einnehmen würden, Grund genug daran zu zweifeln und hätte schon deshalb genauere und umfassendere Untersuchungen gefordert.

Ich will mit der Darstellung des Verlaufs an demselben Objecte beginnen, welches De Bary untersuchte und auf welches Scheit seine Behauptungen gründet, mit Thuya gigantea Nutt. = Th. Menziesii Dougl.

Als Belege gebe ich die Abbildungen einer Serie von Querschnitten, welche in einem Wirtel flacher Blätter beginnt und durch diesen und den nächstunteren mit kahnförmigen Blättern[1]) sich erstreckt, sowie das Bild einer durch einen Flächenschnitt gewonnenen, von Chlorophyll befreiten Hälfte eines Zweigstückes (Fig. 18).

---

1) Frank nennt sie (s. Ueber den Einfluss des Lichtes etc. p. 160) „Marginalblättchen“.

Die Durchschnitte des Transfusionsgewebes sind schraffirt. Für besonders wichtige Stellen gebe ich ausser diesen schematischen bei starker Vergrösserung gezeichnete Abbildungen.

Der mit Hilfe dieser Bilder construirbare Verlauf des Transfusionsgewebes lässt sich etwa folgendermassen mit Worten schildern:

I. In den flachen Blättern bildet das Transfusionsgewebe, an das Ende des Leitbündels ansetzend, zwei zu beiden Seiten in das Parenchym ragende, den Blatträndern ungefähr parallel verlaufende Flügel, welche sich mit denen des opponirten Blattes in der Region der Blattbasen vereinigen (dadurch De Bary's „Quergürtel" bilden) und frei im Parenchym enden.

II. In den kahnförmigen Blättern liegt das Transfusionsgewebe, am Ende des Leitbündels ansetzend, demselben fast im ganzen Verlaufe abwärts zu beiden Seiten an, entfernt sich jedoch in der Hauptmasse immer mehr nach dem Rücken des Blattes zu vom Leitbündel, wird von diesem durch Parenchymzellen getrennt, weicht schliesslich deutlich von ihm ab und endigt am Grunde der Blattbasen zu beiden Seiten frei im Parenchym.

Im Allgemeinen denselben Verlauf finden wir bei allen Cupressineen mit bilateralen und dorsiventralen Zweigen wieder, jedoch — und das möchte ich ganz besonders hervorheben — tritt in den meisten Fällen keine Vereinigung zum „Quergürtel" ein. Die Zweige der Thuya-Arten und die von Libocedrus decurrens sind es allein, bei denen eine solche regelmässig stattfindet.[1])

Daraus folgt aber, dass diese Vereinigung nicht wesentlich sein, nicht im Bauprincip liegen kann. Es ist auf dieselbe bisher zu viel Werth gelegt worden.

Wollen wir uns eine für die Cupressineen mit flachen Zweigen allgemeingiltige Schilderung des Verlaufs des Transfusionsgewebes verschaffen, so brauchen wir nur in der für Thuya gegebenen bei I.

1) Vielleicht ist es nicht überflüssig, nochmals ausdrücklich zu erklären, dass Thuyopsis, Callitris, Libocedrus Doniana und chilensis, Biota und Chamaecyparis in der Regel keinen „Quergürtel" besitzen. Man erhält in Querschnitten meist nur Bilder, wie das Fig. 19, B. 2; in Längsschnitten wie das Fig. 21 bei a, hinsichtlich der Durchschnitte des Transfusionsgewebes der Facialblätter.

in den Relativsatz „welche sich mit denen des opponirten Blattes etc.“ ein „eventuell“ einzufügen.

Vielleicht dürfte das Vorhandensein der schliesslich eintretenden, allmählich sich vorbereitenden Trennung des Transfusionsgewebes vom Leitbündel in den kahnförmigen Blättern bezweifelt werden. Ich gebe deshalb einige Abbildungen als Belege (Fig. 24 und 25) und erwähne ausdrücklich, dass ich dieselbe bei Thuya, Thuyopsis, Libocedrus Doniana und decurrens, Biota, Callitris, Chamaecyparis Lawsoniana und sphaeroidea gefunden habe.

Ist diese Trennung auch an und für sich unbedeutend, so ist sie doch darum für uns von Wichtigkeit, weil sie uns zeigt, dass das Transfusionsgewebe auch hier nicht in seinem ganzen Verlaufe an das Leitbündel gebunden ist, dass im Grunde genommen der Verlauf des Transfusionsgewebes in den kahnförmigen Blättern analog ist dem in den flachen Blättern.

Es erübrigt noch, den Verlauf bei den Cupressineen mit Blättern von einer Form, denen mit radiären Zweigen zu erörtern.

Ich gebe, ausgehend von Cupressus sempervirens, denen von Thuya gigantea entsprechende Abbildungen (Fig. 20).

Der Verlauf ist fast ganz so, wie der in den kahnförmigen Blättern von Thuya, nur entfernen sich die Transfusionsgewebepartien zu beiden Seiten des Leitbündels früher und weiter von letzterem und vereinigen sich gewöhnlich, nachdem sie hinter das Leitbündel getreten sind, zu einer einzigen Masse.

Bei Cupressus sempervirens hat bereits Zimmermann[1]) beobachtet, dass das Parenchym zwischen Leitbündel und Transfusionsgewebe tritt. Freilich ist diese nicht, wie Zimmermann angiebt, die einzige Conifere, bei welcher dies der Fall ist.

Im Allgemeinen denselben Verlauf wie Cupr. semperv. haben alle Cupressineen mit schuppenförmigen Blättern von einer Form, nur ist die Vereinigung der Transfusionsgewebepartien eines Blattes hinter dem Leitbündel nicht durchgängig vorhanden, sie ist es nur bei sehr massiger Entwickelung des Transfusionsgewebes (Actinostrobus, viele Cupressus-Arten). Bei den meisten hierhergehörigen Cu-

1) l. c. p. 6.

pressineen tritt keine Vereinigung ein. Wir dürfen sie daher als unwesentlich betrachten.

Vergleichen wir den Verlauf des Transfusionsgewebes in den verschiedenen Blattformen, indem wir hierzu die beiden von Thuya und die von Cupressus als Repräsentanten wählen, so finden wir Folgendes: der Verlauf im Cupressus-Blatt lässt sich als ein Mittelglied zwischen dem im flachen und dem im kahnförmigen Thuya-Blatt auffassen, wie das Cupressus-Blatt selbst als eine Mittelform zwischen den beiden Blattformen von Thuya. Der Zusammenhang des Verlaufes des Transfusionsgewebes mit der Blattform liegt aber darin, dass dasselbe, unabhängig vom Leitbündel, mit welchem es nur an der Spitze stets in Verbindung steht, parallel den Blatträndern verläuft (Fig. 27).

Darnach ist es nur ein specieller Fall, wenn das Transfusionsgewebe das Leitbündel im ganzen Verlaufe in der Form von zwei Säumen begleitet. Andererseits ist es aber auch nur ein specieller Fall und keine befremdliche Ausnahme, wenn, wie in den flachen Blättern der bilateralen und dorsiventralen Cupressineenzweige, eine starke Divergenz zwischen Leitbündel und Transfusionsgewebe stattfindet.

Jener Fall, dass dasselbe gar nicht vom Leitbündel abweicht, also im ganzen Verlaufe als Saum desselben auftritt, ist bei den Cupressineen nicht häufig. Unter denen mit schuppenförmigen Blättern habe ich ihn nur bei Fitzroya patagonica und Libocedrus tetragona beobachtet, welche beide ein sehr spärlich entwickeltes, gar nicht bis in die Blattbasis herabreichendes Transfusionsgewebe besitzen.

Ausserdem aber kommt er bei den nadelförmigen Blättern von Juniperus sect. oxycedrus zur Ausbildung. Auch hier entbehren die Blattbasen des Transfusionsgewebes.

Die feinere Anatomie der Verbindungsstelle des Transfusionsgewebes mit dem Leitbündel zeigt uns, dass zwischen beiden keine scharfe Grenze besteht, dass die typischen Transfusionszellen und die Tracheiden des Leitbündels durch Zwischenformen in Verbindung stehen, welche, je näher sie dem Leitbündel liegen, um so mehr prosenchymatische Form und Beschränkung der Hofporen auf die Radialwände der Zellen erkennen lassen.

Es läuft dies auf die bekannte Thatsache hinaus, dass die Tracheiden frei endender Leitbündel nach dem Ende der letzteren zu kürzer uud breiter werden, d. h. sich ebenfalls in ihrer Form den Parenchymzellen nähern.

Ziehen wir noch in Betracht, dass das Transfusionsgewebe sich in seinem Verlaufe, unabhängig vom Leitbündel, nach der Form des Blattes, d. h. der Massenvertheilung der Zellen desselben richtet, so lässt sich nicht verkennen, dass die Ansicht De Bary's und Scheit's viel für sich hat, nach welcher das Transfusionsgewebe ein vermittelndes Glied zwischen den hauptsächlich der Leitung des Wassers dienenden und den dasselbe consumirenden Geweben[1]) ist.

Genetisch gehört das Transfusionsgewebe dem Mesophyll an. Die Differenzirung der betreffenden Grundmeristem- zu Transfusionszellen beginnt an der Spitze des Blattes.

Die Massigkeit des Transfusionsgewebes zeigt erhebliche Verschiedenheiten. Während es bei Fitzroya patagonica und Libocedrus tetragona nur von einigen wenigen Zellen gebildet wird, die sich an das Xylem des Leitbündelendes zu beiden Seiten anschliessen und gleichsam nur eine keulige Verdickung des Xylems herbeiführen, erfüllt es bei Actinostrobus pyramidalis und vielen Cupressus-Arten einen grossen Theil der Region des Leitparenchyms.

Scheit nimmt an[2]), dass sich die Massenentwickelung nach der Transpirationsintensität richte. Es müssten demnach die Bewohner heisser, trockener Klimate eine massigere Entwickelung des Transfusionsgewebes aufweisen, als die gemässigter Klimate mit relativ höherem Feuchtigkeitsgehalt. Wir finden dies bei unseren Cupressineen auch in der That bestätigt, denn der grösste Reichthum an Transfusionsgewebe ist den Bewohnern Neuhollands (Actinostrobus, Frenela), des Caplandes (Widdringtonia), Nordafrikas (Callitris), Mexikos (Cupressus-Arten), Californiens (Libocedrus decurrens), Indiens (Cupr. glauca) eigen, weniger massig dagegen ist das Transfusionsgewebe bei den Arten, deren Heimath Japan und China (Biota, Thuyopsis, Chamaecyparis pisifera, Cupr. funebris), das Waldgebiet des westlichen Continents (Thuya, Chamaecyparis-Arten), Neu-

1) Wie sich Scheit ausdrückt „die Endstation der Wasserleitung".
2) l. c. p. 24.

seeland (Libocedrus Doniana) ist; die geringste Massenentwickelung aber ist zu finden bei den Bewohnern des antarktischen Waldgebietes (Fitzroya patagonica und Libocedrus tetragona).

Unter den Beispielen, welche illustriren sollen, dass die Massenentwickelung des Transfusionsgewebes von der Transpirationsintensität abhängig sei, giebt Scheit auch an, dass dasselbe bei den Cupressineen, die besondere Sonnen- und Schattenblätter entwickeln, in letzteren stets seine geringste Entfaltung erreiche, ja sogar die Verdickungsform der Hoftüpfel auf einer niederen Stufe stehen bliebe. Dagegen lässt sich einwenden, dass keine der Cupressineen mit Sonnen- und Schattenblättern überhaupt „Verdickungen der Hoftüpfel" besitzt, dass ferner die Verschiedenheit der Massenentwickelung — welche übrigens nicht sehr auffällig ist — ebensogut durch die verschiedene Massigkeit des Parenchyms als Wasser consumirenden Gewebes, wie durch einen Unterschied in der Transpirationsintensität der Sonnen- und Schattenblätter sich erklären lässt.

Bezüglich des auch in seinen Eigenthümlichkeiten bei den Cupressineen bekannten Baues der Elemente des Transfusionsgewebes darf ich mich auf Weniges beschränken. Es betrifft die sogenannten wurzelförmigen Fortsätze des Tüpfelwalles, über deren Vorkommen folgende Uebersicht Aufschluss geben mag:

Normale Hofporen besitzen:
- Gattung Chamaecyparis.
- „ Libocedrus mit Ausnahme von L. decurrens.
- „ Fitzroya.
- „ Thuya.
- „ Thuyopsis.

Hofporen mit schwachen Anschwellungen der Wallränder, oder höchstens kurzen, zapfenartigen Gebilden an der Mündung des Kanals:
- Widdringtonia cupressoides und juniperoides.

Hofporen mit wurzelförmigen Fortsätzen[1]):
- Gattung Actinostrobus.
- „ Biota.
- „ Cupressus (soweit untersucht).

1) S. Fig. 28 u. 29.

Gattung Frenela (soweit untersucht).
„ Juniperus („ „).
Libocedrus decurrens.

Hofporen mit wurzelförmigen Fortsätzen und mit Querbalken, die das Lumen der Zelle durchsetzen und entweder beiderseits an Tüpfelwällen enden, oder auch nur an einer Seite, während das andere Ende einer Stelle der gegenüberliegenden Wand anliegt, oder mit einer solchen verwachsen ist. Letzteres häufig bei den an das Parenchym angrenzenden Zellen. Diese Bildung von Querbalken findet sich nur bei Callitris quadrivalvis und manchmal bei Juniperus.

Ueberblicken wir diese Zusammenstellung, so stellt sich heraus, dass die Cupressineen, welche solche Fortsätze besitzen, dieselben sind, von denen wir früher kennen gelernt haben, dass sie die massigste Entwickelung des Transfusionsgewebes aufzuweisen haben.

III. Das Durchlüftungssystem.

Die Lage der Spaltöffnungen bei den Cupressineen ist zwar schon von Zuccarini[1]) und Hildebrand[2]) beschrieben worden, jedoch nicht immer genau, es wird deshalb nicht überflüssig sein, diesen Gegenstand nochmals zu erörtern.

Die Spaltöffnungen liegen auch bei den Cupressineen meist nicht auf den vom Pallisadenparenchym eingenommenen, dem Lichte zugekehrten Theilen der Blätter, sondern gewöhnlich nur an den nicht direct bestrahlten.

Es ist dies zunächst und zwar ausnahmslos bei allen Cupressineen die morphologische Oberseite der Blätter, an der freien Spitze sowohl, wie an den schmalen, der Oberseite angehörenden Rändern der herablaufenden Blattbasen.

Bei Juniperus sect. oxyc. scheint es zwar, wenn man nur abgebrochene Zweige betrachtet, als ob die Spaltöffnungen tragende morphologische Oberseite dem Lichte zugekehrt[3]), die das Pallisaden-

1) l. c.
2) l. c. p. 151.
3) Hildebrandt, l. c. p. 152.

parenchym tragende dagegen demselben abgekehrt sei. Allein, wie ein Blick auf die Stellung der Zweige an der ganzen Pflanze sofort erkennen lässt, ist diese Meinung irrig, denn die Zweige stehen, mit Ausnahme der Gipfeltriebe, nicht aufrecht, sondern horizontal, oder sogar nach unten geneigt. Die jungen Zweigspitzen aber, auch die der Gipfeltriebe, zeigen stets eine Nutation, so dass die morphologischen Unterseiten sämmtlicher Blätter wenigstens im Jugendzustande dem Lichte zugekehrt sind. Blickt man von oben auf einen Strauch von Juniperus communis herab, so sieht man nur wenige der durch die Spaltöffnungsfelder, die als weisse Streifen erscheinen, leicht kenntlichen morphologischen Oberseiten.

Die Spaltöffnungen auf der Oberseite der Cupressineenblätter sind nicht gleichmässig über dieselbe vertheilt, sondern bilden zwei Felder, welche durch einen medianen Epidermisstreifen getrennt sind. Unter diesem Streifen liegen mehrere Reihen zur Oberfläche und zum Leitbündel senkrechter Pallisadenzellen, die manchmal collenchymatische Wandverdickungen besitzen. Bei den Cupressineen mit nadelförmigen Blättern, also Jun. sect. oxyc., ferner aber auch bei einigen mit verhältnissmässig grossen schuppenförmigen Blättern, Fitzroya patag. und Libocedrus tetragona, befindet sich unter dem Epidermisstreifen eine Lage von Bastzellen, welche jedoch nicht immer das ganze Blatt durchzieht, sondern oft im oberen, schmäleren Theile desselben aufhört; es beschränkt sich dies jedoch keineswegs auf gewisse Arten. Das Vorhandensein dieser Bastlage ist schon äusserlich leicht dadurch zu erkennen, dass sie ein Hervortreten der Epidermis bewirkt, was Hildebrand Veranlassung gegeben hat, von einer „Mittelrippe“ zu sprechen. Diese Mittelrippe soll nun nach Hildebrand den Blättern gewisser Juniperus-Arten fehlen, so J. recurva, virginiana und communis. Bei der letztgenannten Art aber kommt sie auch häufig genug vor, wenn auch nicht an allen Blättern. Die ersteren beiden gehören aber der sect. sabina an und bilden im späteren Alter schuppenförmige Blätter.

Die zweite Schattenregion, in welcher Spaltöffnungen auftreten, ist die des Grundes der decussirten Blattbasen, wenn und soweit dieselben von den Blättern des nächstunteren (Biota, Thuya, Frenela), oft auch noch des zweitunteren Wirtels (Cupressus, Juniperus sect. sabina, Widdringtonia) bedeckt werden.

Zwar sagt Hildebrand von Cupressus, Juniperus sabina und Frenela, dass sie „vielfach eine grössere oder geringere Anzahl Spaltöffnungen auf dem Rücken zu beiden Seiten der Mittelrippe, manchmal nur an der Stelle, wo sie aufhören, von den nächstuntern Blättern bedeckt zu werden", besässen.

Indessen, wenn überhaupt Spaltöffnungen am Blattrücken vorhanden sind, so kommen sie zunächst an den von Pallisadenparenchym freien, von anderen Blättern überdeckten Stellen vor, vielfach ausschliesslich da, so bei den meisten der von mir untersuchten Arten von Cupressus und Juniperus sect. sabina, sowie bei Frenela robusta.

Spaltöffnungen an nicht direct bestrahlten Stellen finden sich schliesslich noch auf den Blatttheilen der Zweigunterseite bei den Cupressineen mit dorsiventralen Zweigen. Sie bilden da jene bekannten dreieckigen Felder, die durch ihre körnigen Wachsüberzüge [1]) weiss bereift erscheinen.

Die Schattenlage der Spaltöffnungen ist aber nicht eine nothwendige Voraussetzung für das Funktioniren derselben. Demgemäss sind auch die vom Pallisadenparenchym besetzten, der directen Beleuchtung zugänglichen Stellen der morphologischen Unterseite in gewissen Fällen von Spaltöffnungen durchbrochen. Sie bilden hier immer zwei seitliche Streifen.

Es ist dies der Fall bei folgenden radiär gebauten Cupressineen: Actinostrobus, Fitzroya, Frenela rhomboidea und Gunnii, Widdringtonia, sowie auch Arten von Cupressus und Juniperus sect. sabina; ferner bei den bilateral gebauten: Biota, Libocedrus decurrens und chilensis, sowie Chamaecyparis Lawsonia.

Bemerkenswerth hierbei ist, dass keine Art mit dorsiventralen Zweigen sich unter ihnen befindet. Es ist dies wohl erklärlich, da diese genug Raum für Spaltöffnungen an den Stellen haben, wo überhaupt kein Pallisadenparenchym zur Entwickelung kommt.

Bei den oben angeführten Cupressineen der Gruppe A und B dagegen sind diese Stellen von so geringer Ausdehnung, dass es sehr natürlich ist, dass die auf ihnen befindlichen Spaltöffnungen allein der Transpiration nicht genügen und sich auch an anderen

1) K. Wilhelm, l. c. p. 325 ff.

Stellen, selbst unter Beeinträchtigung der Entwickelung gewisser Gewebe Spaltöffnungen bilden. Das Vorhandensein von Spaltöffnungen schliesst nämlich nicht allein eine Unterbrechung des Pallisadenparenchyms, sondern auch der subepidermalen Bastschicht ein, wodurch offenbar auch die Festigkeit eine Beeinträchtigung erfährt. Wie diese Wirkung in gewissen Fällen durch Bildung localer Stereiden compensirt wird, wurde bereits bei Besprechung des Skeletsystems erwähnt.

Innerhalb der einzelnen Felder bilden die Spaltöffnungen der Cupressineen nicht, wie die mancher anderen Coniferen, regelmässige Längsreihen, sondern sie sind auf den Feldern, auf welchen sie liegen, unregelmässig verstreut. Jedoch ist ihre Lagerung so, dass die Richtung des Spaltes mit der Längsrichtung des Blattes gewöhnlich zusammenfällt, so dass man in Blattquerschnitten meist auch nur Querschnitte der Schliesszellen erhält.

Freilich ist diese Orientirung nicht immer genau, besonders auf solchen Spaltöffnungsfeldern nicht, auf denen die Epidermiszellen eine geringe Streckung in der Längsrichtung des Blattes erfahren, so auf der Oberseite der Facialblätter bilateraler und dorsiventraler Zweige.

Wir wenden uns jetzt zur Anatomie der Cupressineenspaltöffnungen. Dieselben besitzen durchgängig tiefe äussere Athemhöhlen, eine Eigenschaft, welche sie mit denen aller Coniferen theilen. Die Tiefe wird theils durch eine Einsenkung der Schliesszellen erreicht, theils aber auch dadurch, dass die Aussenwände der Nebenzellen sich zu einem Ringwall erheben. Dieser fehlt, oder ist von geringer Höhe nur bei den auf der morphologischen Unterseite gelegenen Spaltöffnungen, wo schon durch die dicke Cuticula der Nebenzellen eine sehr tiefe Lage der Schliesszellen herbeigeführt wird.

Die Schliesszellen stimmen im Bau mit denen der übrigen Coniferen überein, wie dieser von Mahlert[1]) beschrieben worden ist.

Sie weichen von den Formen, von welchen Schwendener bei seinen Untersuchungen „Ueber Bau und Mechanik der Spaltöffnungen“

1) Beiträge zur Kenntniss der Anatomie der Laubblätter der Coniferen, mit besonderer Berücksichtigung des Spaltöffnungsapparates. Botanisches Centralblatt, Bd. XXIV, 1885.

ausging, und welche für die Angiospermen typisch sind, hauptsächlich dadurch ab, dass die Verdickungslamellen der Ober- und Unterseite in Form und Dicke sehr verschieden von einander sind.

Nach Tschirchs Angaben[1]) und Abbildungen, von denen uns hier die von Callitris Preissii (= Frenela robusta Allan Cunningh.) interessirt[2]), würde auch weder Vor- noch Hinterhof vorhanden sein. Bei schwacher Vergrösserung scheint es allerdings so. Starke Vergrösserungen lassen jedoch die Form der Schliesszellen im Querschnitt durch die Mitte derselben bei dieser, wie bei allen anderen Cupressineen ähnlich wie die von Schwendener für Makrozamia cylindrica[3]) abgebildete erkennen, d. h. es ist ein Vorhof vorhanden, nur ist er sehr klein und die Eingangs-(Eisodial-)Oeffnung ist sehr schmal; aber auch ein Hinterhof ist wenigstens andeutungsweise noch vorhanden, nur hat er eine sehr weite Mündung in die innere Athemhöhle (weite Opisthial-Oeffnung) und keine bestimmte Abgrenzung von derselben (Fig. 30 u. 31).

Die Verdickungslamellen zeigen dieselben Reactionen, wie verholzte Zellwände, nicht aber sind sie, wie Schwendener für Makrozamia und verschiedene Coniferen angiebt[4]), cuticularisirt, denn sie färben sich bei Behandlung mit Phloroglucin und Salzsäure roth, bei Behandlung mit Jod und Schwefelsäure gelb.

Die Cuticula lagert nur breit, im Querschnitt fussförmig, auf der oberen Verdickungslamelle auf, denn nur jener fussförmige Theil nimmt bei Anwenduug der Jodschwefelsäure-Reaction die rothbraune Farbe der Cuticularsubstanz an. Besonders charakteristisch ist dies bei Juniperus sect. oxycedrus (Fig. 31).

Die unverdickt gebliebenen Wandstellen zwischen den beiden Verdickungslamellen bestehen aus Cellulose, doch zieht sich über die am Spalt ein Cuticularstreifen bis in die innere Athemhöhle, wie aus den Abbildungen zu ersehen ist.

Schliesslich sei noch hervorgehoben, dass den die äussere Athemhöhle begrenzenden Wänden der Nebenzellen nie jene dünne Stelle fehlt, deren Werth für den Mechanismus des Spaltöffnungsapparates

1) l. c. p. 221 Anm.
2) l. c. Fig. 10.
3) l. c. Fig. 13.
4) l. c. p. 836.

Schwendener dargethan und in dem Namen „Hautgelenk“ angedeutet hat.

Bezüglich der inneren Athemhöhlen ist noch erwähnenswerth, dass auf der morphologischen Oberseite der schuppenförmigen Blätter nicht jede einzelne Spaltöffnung ihre eigene, sondern jedes der beiden Spaltöffnungsfelder eine allen gemeinsame Athemhöhle besitzt (Fig. 9 u. 10). Nur hin und wieder sind einzelne langgestreckte Parenchymzellen als Stützen des die Athemhöhle bildenden Gewölbes zwischen diesem und der Epidermis eingeschaltet.

In den nadelförmigen Blättern von Junip. sect. oxycedrus hat diese Einrichtung begreiflicherweise nicht statt, da sie hier bei der grossen Ausdehnung der Spaltöffnungsfelder mechanisch ungünstig wirken würde, sondern es ist jede Spaltöffnung von Parenchymzellen überwölbt (Fig. 12).

Das Gleiche gilt von den Spaltöffnungen auf der morphologischen Unterseite der Blätter.

IV. Die Secretbehälter.

Es ist eine der charakteristischen Eigenschaften der Cupressineen, dass jedes Blatt nur einen wesentlichen Harzbehälter besitzt, welcher, wenn das Blatt schuppenförmig ist, die Gestalt einer Drüse, wenn es nadelförmig ist, die eines Ganges hat. Das letztere ist jedoch — ausser bei den Jugendblättern sämmtlicher Cupressineen [1]) — nur bei Juniperus sect. oxycedrus zeitlebens der Fall.

Ueber die Lage des Harzbehälters lässt sich keine genauere Aussage machen, als dass derselbe zwischen Leitbündel und Epidermis in der Medianebene des Blattes zu finden ist. Bald liegt er näher der Epidermis, bald näher dem Leitbündel, bald füllt er den ganzen Raum zwischen beiden aus, wie gewöhnlich in den flachen Blättern der bilateralen und dorsiventralen Cupressineenzweige.

Grenzt der Harzbehälter an die Epidermis, so verursacht er bei manchen Arten eine Einsenkung (wie bekanntlich bei Biota, Cupressus sempervirens etc.), bei anderen ein Hervorwölben derselben (Thuya occidentalis, Chamaecyparis sphaeroidea).

1) Thomas, l. c. p. 50.

Im ersteren Falle sind die Harzbehälter von geringem, im letzteren von grossem Durchmesser und oft so mit Harz erfüllt, dass eine Spannung im Innern stattfindet, welche zu einer tangentialen Dehnung der umgebenden Zellen führt. In beiden Fällen aber ist die subepidermale Bastschicht hinter dem Harzbehälter unterbrochen. Es scheint demnach von der Stärke der Harzabsonderung abzuhängen, ob ein Hervorwölben oder eine Einsenkung der Epidermis eintritt.

Accessorische Harzdrüsen hat Thomas bei Thuya occidentalis, Widdringtonia und Chamaecyparis nutkaënsis gefunden. Ich kann noch einige weitere Cupressineen nennen, bei denen auch solche vorkommen, es sind: Chamaecyparis pisifera, Frenela robusta, Callitris quadrivalvis und Thuya gigantea.

Die Angaben von Thomas, dass die accessorischen Harzdrüsen „als zwei seitliche, in ihrer Lage den wesentlichen Harzgängen der Abietineen entsprechende“ aufträten, muss eine Beschränkung erfahren. Manchmal trifft es zu, in vielen Fällen aber ist nur ein accessorischer Harzbehälter vorhanden, welcher unter dem wesentlichen liegt, wie es Thomas für die Gipfeltriebe von Thuya occidentalis und Callitris angiebt. Manchmal sind wohl zwei da, aber sie liegen dicht nebeneinander — dies fand ich einmal bei Frenela robusta —, ja selbst dicht hintereinander, was ich in einem Falle bei Thuya gigantea beobachtet habe (Fig. 34).

Das eine nur lässt sich für die Lage der accessorischen Harzdrüsen als Regel angeben, dass sie nicht in gleicher Höhe mit dem wesentlichen auftreten, wie es nach der Angabe von Thomas wohl scheinen könnte, sondern stets unter demselben in der Blattbasis.

In den Kurztrieben sind accessorische Harzdrüsen immer höchst selten, weniger in den Langtrieben, bei welchen die Blattbasen zugleich die primäre Rinde darstellen. Es scheinen hier deren entstehen zu können, solange das intercalare Wachsthum dauert. Bei Callitris, ebenso bei Thuya gigantea liegen unter der wesentlichen Harzdrüse oft zwei, ja drei, offenbar durch das intercalare Wachsthum nach einander entstandene accessorische Harzdrüsen. Am reichsten an solchen sind wohl die Langtriebe von Thuya occidentalis; ich habe an einem Blatte nicht selten fünf, ja sogar sieben gefunden. Oft liegen hier auch accessorische Harzdrüsen rechts und links von der wesentlichen auf gleicher Höhe mit derselben.

Ueber die Anatomie der die Harzbehälter umgebenden Zellen habe ich noch einiges zu erwähnen, was Thomas entgangen zu sein scheint. Ausser der in Bezug auf das Epithel „concentrischen Anordnung" sind nämlich den dasselbe zunächst umgebenden Zellen collenchymatische Verdickungen eigen, wodurch offenbar eine feste Scheide um das zartwandige Epithel gebildet wird, wie es bereits von Secretbehältern mancher anderen Pflanzen bekannt ist.[1]) Diese Scheide ist stets rings um die Harzbehälter ausgebildet und ist oft die einzige Zellschicht, welche zwischen der Epidermis und dem Epithel liegt. Man kann sie wohl als den Harzbehältern zugehörig auffassen. Nach dem Parenchym zu hat dieselbe freilich keine scharfe Grenze; denn auch die ihr zunächstliegenden Parenchymzellen haben häufig noch verdickte Wände.

Vielfach sind die Zellen der Harzbehälterscheide aber nicht allein collenchymatisch verdickt, sondern ausserdem von einer dünnen, scharf abgegrenzten Schicht ausgekleidet, ganz wie die an Stelle der Bastzellen oder neben solchen am Rücken des Leitbündels auftretenden Zellen, welche wir als den Bastzellen analoge Gebilde aufgefasst haben. Die Harzbehälterscheiden der Cupressineen würden sich in dieser Beziehung denen der Pinus-Arten nähern, bei welchen die Scheiden aus Bastzellen bestehen (Fig. 33).

Das Epithel ist gewöhnlich einschichtig, manchmal jedoch, besonders in älteren Zweigen ganz oder theilweise auch mehrschichtig.

Dass die Zellen der Scheide des Harzbehälters „gewöhnlich kein Chlorophyll" enthielten, wie Thomas[2]) behauptet, ist für die Cupressineen nicht richtig. Ich habe es immer, bei Material, welches während der Vegetationsruhe untersucht wurde, mit Stärkekörnchen zusammen wahrgenommen.

---

1) Möbius, Die mechanischen Scheiden der Secretbehälter. Berichte der deutsch. bot. Gesellch., Bd. II., p. 25.

2) l. c. p. 48.

Uebersicht der Ergebnisse.

Die hauptsächlichsten Unterschiede im anatomischen Bau der Cupressineenzweige beruhen darauf, ob die Zweige radiär, bilateral, oder dorsiventral ausgebildet sind.

Auf diese Ausbildungsweisen scheint die Beleuchtung von grossem Einfluss zu sein[1]), welche ihrerseits wieder abhängig ist von der Stellung der Zweige zum Horizont.

In erster Linie ist es die Lage des Pallisadenparenchyms und der Spaltöffnungen, welche je nach der Ausbildungsweise anders erscheint. Aber auch das Skeletsystem wird von derselben beeinflusst.[2])

Im Uebrigen zeigen die Cupressineenzweige grosse Uebereinstimmung hinsichtlich des anatomischen Baues.

Die hauptsächlichsten anatomischen Eigenschaften sind kurz zusammengefasst folgende:

Epidermis.

Die Zellen derselben, bei welchen die Aussenwand stets die grösste Dicke aufzuweisen hat, besitzen auf ihren Seitenwänden eine Reihe Poren. Die Poren benachbarter Epidermiszellen sind in der Regel correspondirend.

In der Cuticula sind allgemein Krystalle von oxalsaurem Kalk eingelagert. Die Cuticula ist von einer krustenförmigen, nur an den Spaltöffnungsbezirken körnigen Wachsschicht bedeckt.

Skeletsystem.

Neben dem centralen Stereom (den mechanisch wirksamen Elementen des Leitbündels) und dem peripherischen (der subepidermalen Bastschicht), den wesentlichen Theilen des Skeletsystems der Cupressineenzweige, treten häufig auch noch Stereiden im Parenchym

1) Vergl. Frank, Ueber den Einfluss des Lichtes und p. 514 dieser Arbeit.
2) p. 508 dieser Arbeit.

auf. Sie sind meist Idioblasten, vereinigen sich aber in einem Falle (Fitzroya patagonica) zu einem Gewebe im eigentlichen Sinne, einem „interparenchymatischen Stereom“. Dieselben haben local-mechanische Function.

Assimilationsystem.

Dasselbe besteht aus Assimilationsgewebe im engeren Sinne (Pallisadenparenchym), Zuleitungs- und Ableitungsgewebe. Das Pallisadenparenchym liegt stets auf der morphologischen Unterseite der Blätter. Die Zellen des Ableitungsgewebes sind in der Richtung der Längsaxe, die des Zuleitungs- und Assimilationsgewebes in zu derselben senkrechter Richtung gestreckt.

Leitungssystem.

Dem Leitbündelverlauf aller Cupressineenzweige liegt ein gemeinsames System zu Grunde. Dasselbe lässt sich ausdrücken durch das Schema Fig. 13. Freilich finden wir dieses Schema nicht immer in vollständig normaler Weise verkörpert. Eine besonders häufig auftretende Anomalie hat Geyler zur Annahme eines zweiten Modus des Verlaufs veranlasst. Dieselbe beschränkt sich aber nicht als Regel auf gewisse Arten, sondern tritt bei allen Arten, wenn auch nicht bei jeder gleich häufig, auf.

Der Verlauf des Transfusionsgewebes ist in allen Cupressineenblättern, mögen dieselben eine Form haben, welche sie wollen, ein analoger. Es steht mit den Tracheiden des Leitbündels an der Spitze desselben in Verbindung und verläuft von da ab parallel den Blatträndern, unabhängig vom Leitbündel. So kommt es, dass in dem einen extremen Falle, nämlich bei den schmalen Marginalblättern bilateraler und dorsiventraler Cupressineen, bei welchen die Blatträndер parallel verlaufen, das Leitbündel vom Transfusionsgewebe zu beiden Seiten saumartig bekleidet wird; dass in dem anderen extremen Falle, nämlich bei den flachen Facialblättern der bilateralen und dorsiventralen Cupressineen, bei welchen die Blatträndер stark divergiren, das Transfusionsgewebe beiderseits einen beträchtlichen Winkel mit dem Leitbündel einschliesst (Fig. 27).

Ein Anastomosiren der Transfusionsgewebepartien verschiedener Wirtel, wie es Scheit für Thuya angiebt, ist nicht vorhanden.

Die Vereinigung der Transfusionsgewebepartien der beiden einem Wirtel angehörigen Facialblätter bei bilateralen und dorsiventralen Zweigen zu einem „Quergürtel“ (De Bary, Scheit, Zimmermann) ist nicht allgemein und von untergeordneter Bedeutung.

Durchlüftungssystem.

Die Spaltöffnungen liegen im Allgemeinen auf allen nicht direct beleuchteten, nicht vom Pallisadenparenchym eingenommenen Stellen; nur bei einigen radiären und bilateralen Cupressineen, bei welchen diese Stellen von sehr geringer Ausdehnung sind, liegen Spaltöffnungen auch auf den beleuchteten Theilen der morphologischen Unterseiten der Blätter.

Entgegen den Angaben De Bary's und Tschirch's, nach welchen den Spaltöffnungen der Coniferen Vor- und Hinterhof fehlen, habe ich bei den Cupressineen einen Vorhof und auch eine dem Hinterhof entsprechende Bucht gefunden (Fig. 30 u. 31).

Die Nebenzellen besitzen den von Schwendener als „Hautgelenk“ bezeichneten dünnwandigen Streifen.

Harzbehälter.

Die Harzbehälter sind entweder ganz im Parenchym eingebettet und dann äusserlich kaum wahrnehmbar, oder sie grenzen an die Epidermis und verursachen je nach der Stärke der Harzabsonderung eine Rinnen-, oder eine Buckelbildung.

Das Epithel ist umgeben von einer Scheide collenchymatisch verdickter, manchmal von einer dünnen bastartigen Verdickungsschicht ausgekleideter Zellen.

Figuren-Erklärung.

Tafel XXVIII.

Fig. 1. Querschnitt durch die Epidermis von Thuyopsis dolobrata. V. 230.
Fig. 2. Desgl. von Actinostrobus pyramidalis. V. 230.
Fig. 3. Desgl. von Widdringtonia juniperoides. V. 230.
Fig. 4. Sklerenchymzellen vom Grunde der Blattoberseite bei Libocedrus tetragona. Längsschnitt. V. 50. (S. p 22.)
Fig. 5. Im Parenchym eingelagerte Stereiden bei Fitzroya patagonica.
a) Längsschnitt eines Blattes. V. 25.
b) Querschnitt eines Blattes. s-Spaltöffnungen. V. 25.
c) Partie eines Querschnitts bei stärkerer Vergrösserung. V. 150.
Fig. 6. Im Parenchym eingelagerte Stereiden bei Widdringtonia juniperoides.
a) Querschnitt durch die Blattbasis. V. 25.
b) Desgl. durch das freie Blatt, kurz über der Loslösungsstelle vom Zweig. V. 25.
Fig. 7. Querschnitt durch die Blattbasis von Frenela rhomboidea. V. 100.
Fig. 8. Querschnitt durch einen Kurztrieb von Callitris quadrivalvis. V. 70.
Fig. 9. Querschnitt durch ein Facialblatt von Biota orientalis. V. 100.

Tafel XXIX.

Fig. 10. a) Querschnitt } durch die Blattspitze eines Marginalblattes von
b) Längsschnitt } Thuya gigantea. Die Linie t bezeichnet die Lage des Längsschnitts. V. 70.
Fig. 11. Querschnitt durch ein Marginalblatt von Thuyopsis dolobrata. V. 70.
Fig. 12. Partie aus einem Blattquerschnitt von Juniperus communis. V. 100.
Fig. 13. }
Fig. 14. } Schemata des Leitbündelverlaufs nach Geyler.
Fig. 15. Blattspurquerschnitte von Thuyopsis dolobrata. V. 230.
a) Vereinigungsspur dreier Stränge. Zwei Stränge sind vereintläufig und sind mit dem dritten verschmolzen.
b) die drei Stränge getrennt. Dieser Schnitt liegt über a.
Fig. 16 und 17. Perspectivische Zeichnung des Leitbündelverlaufs für Cupressineen mit zweizähligen (Fig. 16) und dreizähligen (Fig. 17) Wirteln.

Tafel XXX.

Fig. 18. Aufgehelltes Zweigstück und Querschnittsserie (T. 1 bis 8) von Thuya gigantea. Schematisch.
Die Transfusionsgewebepartien sind schraffirt.
Die fein punktirten Linien der Querschnitte sind die Grenzen des Palisadenparenchyms.

Die unterbrochenen Strecken im Umriss der Querschnitte bezeichnen die Durchschnitte der Spaltöffnungsfelder.

Fig. 19. Analoge Abbildungen von Biota orientalis.

Fig. 20. Analoge Abbildungen von Cupressus sempervirens.

Tafel XXXI.

Fig. 21. Längsschnitt parallel der kurzen Queraxe von Biota orientalis. Die Lage desselben ist durch die Linie l in Fig. 19 angegeben.

Fig. 22. Desgl. von Thuya gigantea. Betreffs der Lage siehe Linie l in Fig. 18.

In beiden Figuren sind aa die Durchschnitte der Transfusionsgewebepartien zweier einen Wirtel bildenden Facialblätter. Bei Thuya sind dieselben vereinigt, bei Biota nicht. — bb sind die Transfusionsgewebepartien des vom Schnitt getroffenen Marginalblattes.

Fig. 23. Partie eines Längsschnittes von Thuya gigantea bei stärkerer Vergrösserung. V. 150.

Fig. 24. Querschnitt durch ein Marginalblatt von Biota orientalis am Grunde der herablaufenden Basis. V. 150.

Fig. 25. Entsprechender Querschnitt von Libocedrus Doniana. V. 150.

Fig. 26, a und b. Querschnitte durch einen Kurztrieb von Actinostrobus pyramidalis. Schematisch. tr = Transfusionsgewebe.

Fig. 27. Schema des Transfusionsgewebeverlaufs:

a) im Facialblatt von Thuya.

b) im Blatt von Cupressus.

c) im Marginalblatt von Thuya.

Fig. 28. Tüpfel aus dem Transfusionsgewebe von Actinostrobus pyr. V. 690.

Fig. 29. Desgl. von Juniperus virginiana. V. 690.

Fig. 30. Querschnitt durch die Mitte eines Schliesszellpaares von Thuya occidentalis. h = Hautgelenk. V. 690.

Die röthlich gefärbten Partien sollen in dieser, wie in den nächsten Figuren Cuticularsubstanz bedeuten, die gelben sind Durchschnitte verholzter Lamellen.

Fig. 31. Querschnitt durch die Mitte eines Schliesszellpaares von Juniperus macrocarpa. V. 690.

Fig. 32. Schnitte durch die Schliesszellen von Thuyopsis dolobrata. V. 460.

a) Querschnitt durch die Mitte des Schliesszellpaares.

b) Querschnitt nahe dem Ende des Schliesszellpaares. Die Lage ist durch die Linie b in Fig. 32c angegeben.

c, d) Längsschnitte durch eine Schliesszelle. Die Lage der Schnitte ist durch die entsprechend bezeichneten Linien in Fig. 32a und b angegeben.

Fig. 33. Querschnittspartie einer Harzdrüse von Juniperus communis. V. 200.

Fig. 34. Flächenschnitt von Thuya gigantea mit Durchschnitten accessorischer Harzdrüsen.

Fig. 1.

Fig. 2.

Fig. 3.

Fig. 5a.

Fig. 5b.

Fig. 4.

Fig. 6b.

Fig. 5a.

Fig. 6a.

Fig. 9.

Fig. 8.

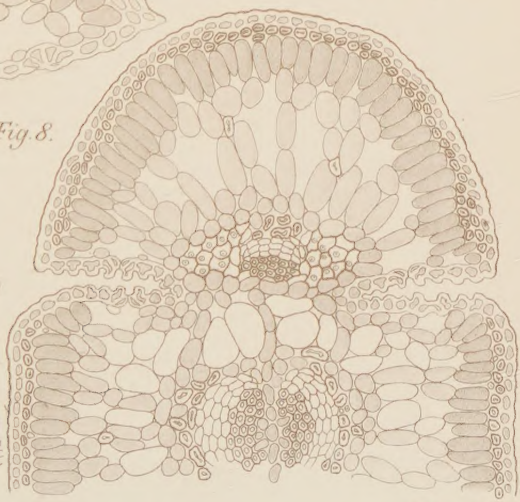

Fig. 7.

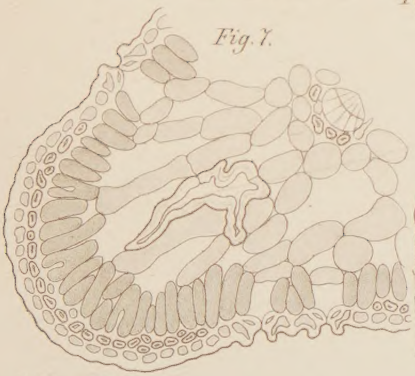

Fig. 21.

Fig. 24.

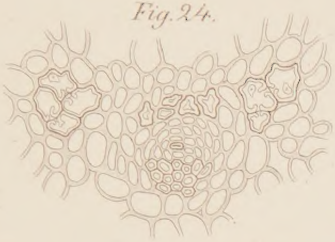

Fig. 25.

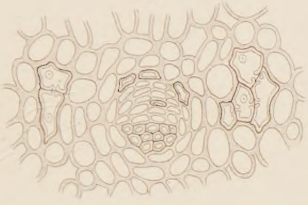

Fig. 26.

Fig. 27.

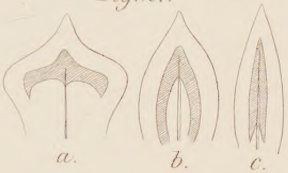

Fig. 28.

Fig. 29.

Fig. 22.

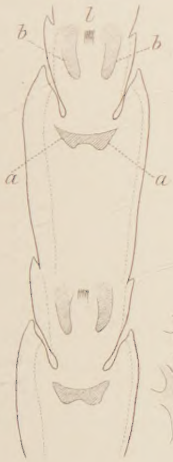

Fig. 23.

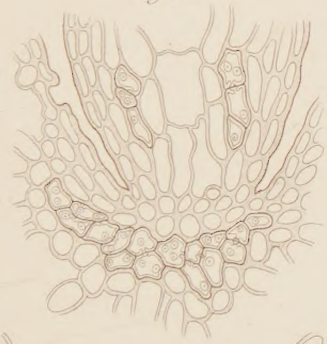

Fig. 32.

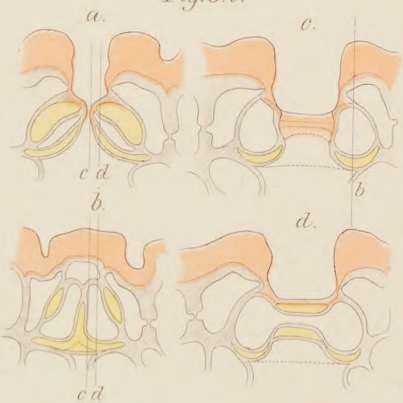

Fig. 33.

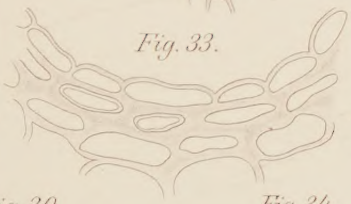

Fig. 30.

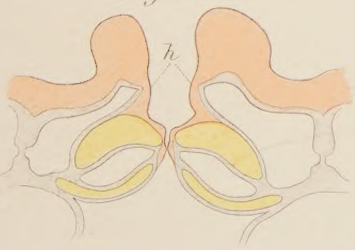

Fig. 34.
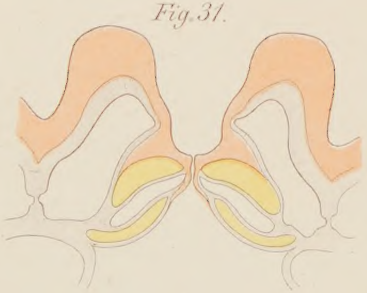
Fig. 31.